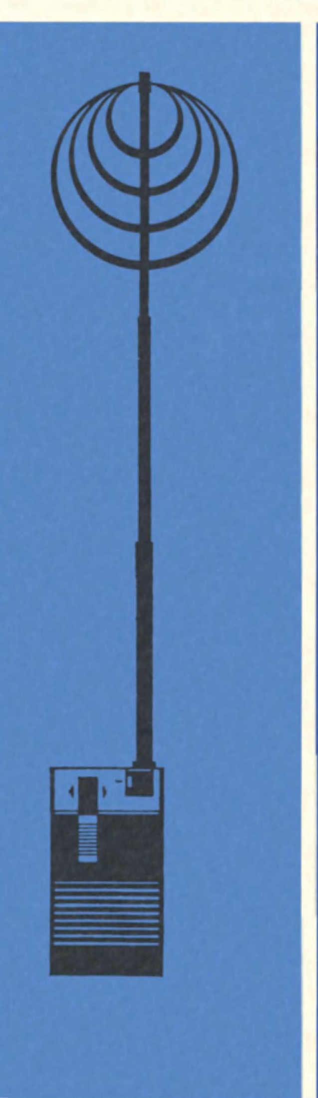
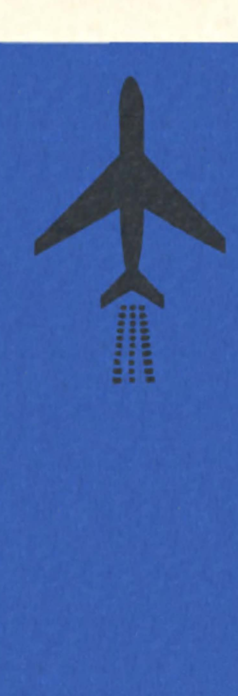
В. В. ПЛОТНИКОВ



АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ







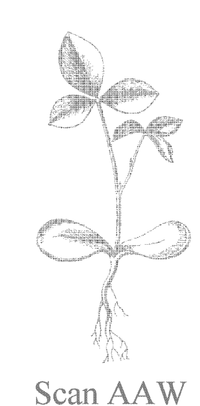
МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Основана в 1947 году

Выпуск 1019

В. В. ПЛОТНИКОВ

АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ





МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1980

ББК 32.816
П39
УДК 621.396.66

Плотников В. В.

П39 Аппаратура радиоуправления моделями. — М.: Энергия, 1980. — 48 с. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1019).

25 к.

Приведены схемы трех разных по сложности комплектов аппаратуры, предназначенной для радиоуправления моделями. Дано также описание самодельного экономичного микроэлектродвигателя постоянного тока с полым бескаркасным якорем для рулевых машинок радиоуправляемых моделей.

Рассчитана на широкий круг радиолюбителей и моделистов-конструкторов, увлекающихся конструированием радиоуправляемых моделей.

П $\frac{30402-341}{051(01)-80}$ 244-80. 2402020000 ББК 32.816 6Ф2.1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перед тем, как начать изготовление передатчика для радиоуправления моделями, **необходимо получить разрешение Государственной инспекции электросвязи.** Для получения такого разрешения нужно подать через местную радиошколу или комитет ДОСААФ в Государственную инспекцию электросвязи заявление-анкету с двумя фотокарточками и ходатайство местного комитета ДОСААФ. К заявлению должна быть приложена принципиальная схема радиопередатчика.

Разрешение может быть выдано только радиолюбителям, достигшим 16-летнего возраста.

При конструировании и изготовлении передатчиков для радиоуправления моделями следует строго соблюдать технические требования, предъявляемые к этим устройствам. Передатчик должен работать только в разрешенных для передачи команд телеуправления диапазонах: 28,0—28,2; 144—146 МГц и на частоте 27,12 МГц±±0,05%. Стабильность частоты передатчика должна быть не ниже 0,02%.

Для передачи сигналов телеуправления следует использовать тональную телеграфию с шириной полосы излучаемых частот не более 25 кГц.

Для радиоуправления моделями разрешается работа на передатчиках с подводимой мощностью не более 1 Вт (подводимая мощность определяется как произведение коллекторного тока транзистора выходного каскада и его коллекторного напряжения в телеграфном режиме).

Для радиоуправления различными моделями и игрушками может быть использована аппаратура как дискретного, так и пропорционального действия. В последнее время моделистами-спортсменами, особенно опытными, чаще всего используется сложная многоканальная аппаратура пропорционального действия, которую подчас трудно и даже невозможно изготовить и наладить в любительских условиях. Однокомандная же аппаратура ввиду своих ограниченных возможностей не представляет особого интереса даже для начинающих моделистов. Однако, применяя специальные рулевые машинки и новые технические решения, можно значительно расширить

возможности простой аппаратуры дискретного действия, увеличив число команд до шести и более. Можно также, максимально упростив аппаратуру пропорционального действия, сделать ее доступной для самостоятельного изготовления моделистами средней квалификации.

В книге даются описания различных вариантов аппаратуры дискретного и пропорционального действия, которая была разработана и испытана автором на радиоуправляемых моделях самолетов и автомобилей, разработанных В. Т. Галиным. Все описанные приемники и передатчики работают на частоте 28,1 МГц.

Аппаратура демонстрировалась на московских городских и всесоюзных выставках творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ, где была отмечена дипломами 1-й степени.

Автор

ОДНОКАНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕСНЫМИ И ПЛАВАЮЩИМИ МОДЕЛЯМИ

Одноканальная аппаратура является простейшей по конструкции и может быть изготовлена и налажена начинающими моделистами-конструкторами.

Описываемая одноканальная аппаратура предназначена для управления моделями на расстоянии до 25—30 м. Это могут быть модели автомобилей, кораблей, а также различные игрушки.

Для расширения возможностей выполнения различных команд с помощью одноканальной аппаратуры управления разработана специальная рулевая машинка. При использовании такой рулевой машинки модель может выполнять шесть команд: «Ход вперед», «Стоп», «Ход назад», «Поворот налево», «Поворот направо», «Прямо».

При подаче отдельных коротких сигналов (0,1—0,3 с) модель последовательно выполняет команды «Ход вперед», «Стоп», «Ход назад». При подаче длительного сигнала поворачивается налево руль, а двигатель продолжает работать или стоять в соответствии с предыдущей командой. В отсутствие сигнала руль возвращается в нейтральное положение. Для «Поворота направо» необходимо подать длительный сигнал (0,8—1,5 с) и после короткой паузы (0,1—0,3 с) снова нажать кнопку передатчика. При отпускании кнопки руль модели, как и после команды «Поворот налево», возвратится в нейтральное положение.

Таким образом, используя различные сигналы, можно независимо управлять рулем поворота и работой тягового двигателя.

Для управления моделями используется малогабаритный передатчик, рабочая частота которого стабилизирована кварцем. Это обеспечивает высокую стабильность частоты и облегчает процесс настройки.

Подводимая мощность до 90 мВт.

Передатчик. Передатчик (рис. 1) состоит из генератора колебаний высокой частоты (ВЧ), выполненного на транзисторе T_1, и модулятора — на транзисторах T_2, T_3. Модулятор представляет собой симметричный мультивибратор. Модулирующее напряжение снимается с коллекторной нагрузки R_3 транзистора T_2 и подается в общую цепь питания транзистора T_1 ВЧ генератора. Такое техническое решение обеспечивает 100%-ную модуляцию генератора ВЧ.

Высокочастотный генератор собран по схеме с емкостной обратной связью (через конденсатор C_2, включенный между коллектором и эмиттером транзистора T_1) и кварцевым резонатором $Пэ_1$ в базовой цепи.

Управляется передатчик с помощью кнопки $Кн_1$, включенной в общую цепь питания.

Налаживание передатчика в основном сводится к настройке

контура L_1C_3 генератора ВЧ (при выдвинутой антенне) на рабочую частоту кварца и установке режима транзистора T_1 подбором резистора R_1 таким образом, чтобы потребляемый передатчиком ток был равен 10—15 мА.

Ширину полосы излучения передатчика проверяют по связному приемнику, имеющему полосу пропускания 400—600 Гц и шкалу настройки с делениями до 1 кГц.

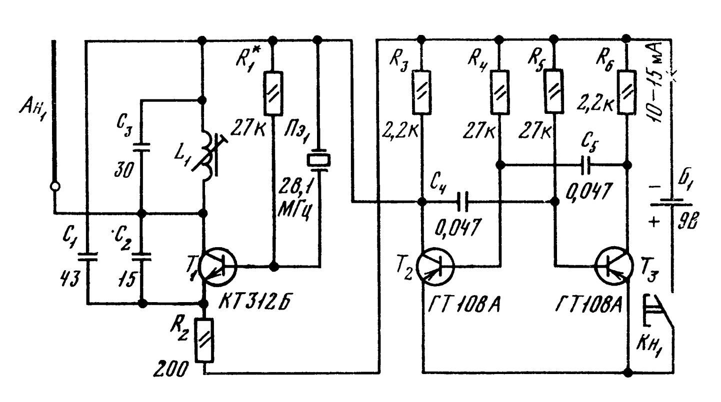


Рис. 1. **Принципиальная схема передатчика.**

Перед началом измерений устанавливают передатчик на расстоянии нескольких метров от приемника. В качестве антенны приемника используют отрезок монтажного провода длиной несколько сантиметров. Вход приемника шунтируют непроволочным резистором сопротивлением 75 Ом. Настраивают приемник на несущую частоту передатчика (модуляцию временно отключают). Усиление приемника устанавливают таким, чтобы он работал без перегрузки. Уровень сигнала промежуточной частоты (ПЧ) приемника контролируют по S-метру. Затем при включенной модуляции измеряют ширину полосы излучения передатчика, за верхним и нижним пределами которой излучаемые компоненты спектра составляют уровень минус 20 дБ от уровня несущей частоты. Для этого, не изменяя взаимного расположения передатчика и приемника, перестраивают приемник сначала в одну, а затем в другую сторону от точки первоначальной настройки и отмечают частоты, за пределами которых уровень сигнала ПЧ лежит ниже 0,1 первоначально измеренного уровня. Ширина полосы должна быть не более 25 кГц.

При необходимости можно уменьшить полосу передатчика, включив конденсатор емкостью 1—5 тыс. пФ параллельно резистору R_3.

Детали передатчика монтируют на плате из фольгированного стеклотекстолита. В конструкции использованы резисторы типа МЛТ-0,125 или УЛМ, конденсаторы типов КМ и КД-1а. Контурная катушка L_1 намотана на полистироловом каркасе диаметром 6,5 мм (от транзисторного приемника с КВ диапазоном). Она содержит девять витков провода ПЭЛШО 0,35 (намотка — в один ряд, виток к витку). Для подстройки служит ферритовый сердечник марки 100 НН с резьбовой пластмассовой головкой.

Антенна — телескопическая, от приемника «ВЭФ-Спидола» или аналогичная. В качестве кнопки управления может быть использован микровыключатель. Питается передатчик от батареи «Крона-ВЦ».

Все детали передатчика заключены в алюминиевый корпус. На передней панели располагается кнопка управления. Основание антенны укрепляют на пластмассовых изоляторах внутри корпуса передатчика на расстоянии не менее 5 мм от его стенок.

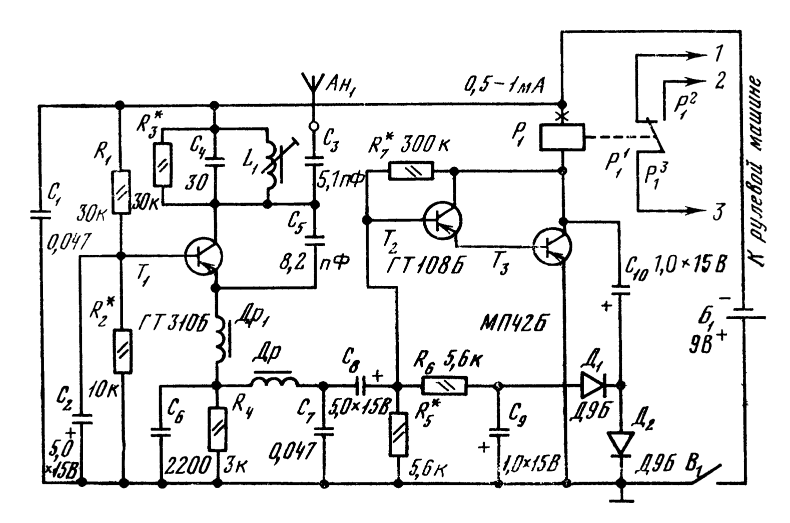


Рис. 2. Принципиальная схема приемника.

В передатчике могут быть использованы транзисторы других типов: вместо КТ312Б—КТ315В, вместо ГТ108А—МП40, МП41.

Вместо самодельного передатчика можно использовать также имеющийся в продаже передатчик «Сигнал» промышленного изготовления, предназначенный для радиоуправления моделями.

Приемник. Приемник (рис. 2) сверхрегенеративного типа выполнен на трех транзисторах и двух диодах. Его чувствительность— 5—10 мкВ. Питается он от батареи «Крона-ВЦ» или другого источника напряжением 9 В.

Первый каскад приемника — сверхрегенеративный детектор с самогашением — выполнен на транзисторе T_1, включенном по схеме с общей базой. Входной контур L_1C_4 настраивается на частоту принимаемого сигнала подстроечным ферритовым сердечником, изменяющим индуктивность катушки L_1.

Связь с антенной — емкостная, через конденсатор C_3. Положительная обратная связь устанавливается с помощью конденсатора C_5. Постоянная времени цепочки R_4C_6 определяет частоту гашения сверхрегенеративного каскада.

Смещение на базу транзистора T_1 подается с делителя напряжения R_1R_2.

Для получения одногорбой характеристики полосы пропускания сверхгенератора его колебательный контур L_1C_4 шунтирован

резистором R_3. Оптимальное сопротивление резистора R_3 (в пределах от 1 до 30 кОм) подбирают при регулировке. Для подавления частоты гашения на выходе сверхрегенеративного детектора включен фильтр высоких частот — $Др_2C_7$.

Продетектированный сигнал через разделительный конденсатор C_8 подается на вход электронного реле, собранного по рефлексной схеме на составном транзисторе T_2T_3 и диодах $Д_1$, $Д_2$. Рабочая точка составного транзистора выбрана так, чтобы его коллекторный ток был значительно меньше тока отпускания электромагнитного реле P_1. Режим устанавливают подбором резистора R_7.

Усиленный составным транзистором сигнал поступает на вход выпрямителя, собранного на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Выпрямленный ток (отрицательной полярности) через фильтр C_9R_6 подается на вход электронного реле. При появлении тока на входе электронного реле коллекторный ток транзистора T_2T_3 увеличивается, что вызывает срабатывание реле P_1.

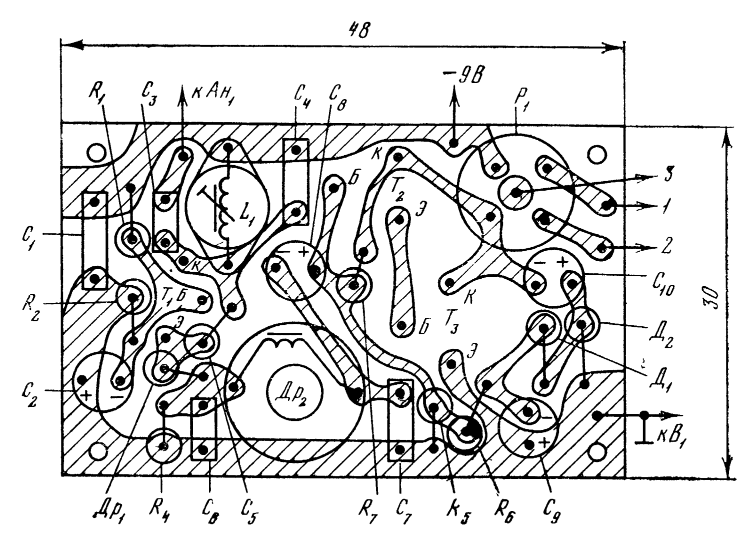


Рис. 3. Монтажная плата приемника.

Монтаж приемника выполнен печатным способом на плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и размерами 48 × 30 мм. Монтажная плата приемника и расположение на ней деталей показаны на рис. 3. В приемнике использованы малогабаритные детали: резисторы типа МЛТ-0,125 или УЛМ, конденсаторы типов КД-1а, КМ, К10-7в, электролитические конденсаторы типа К50-6. Все транзисторы должны иметь статический коэффициент передачи тока $h_{21\,Э}=30\div100$. Диоды Д9Б можно заменить на Д1 или Д9 с любым буквенным индексом. Катушка контура сверхгенератора L_1 содержит восемь витков провода ПЭЛШО 0,35, намотанных виток к витку на полистироловом каркасе диаметром 6,5 мм. Для подстройки используется сердечник из феррита 100НН диа-

метром 2,7 мм и длиной 8 мм с полистироловой резьбовой головкой. Каркас катушки с сердечником может быть взят от КВ контуров транзисторных радиоприемников. Дроссель $Др_1$ типа Д-0,1 с индуктивностью 30—60 мкГ. Он может быть и самодельным, намотанным проводом ПЭВ-2 0,12 на стержне из феррита 100НН диаметром 2,7 мм и длиной 12 мм. Намотка — виток к витку по всей длине сердечника. Дроссель $Др_2$ наматывают на кольце диаметром 10—12 мм из феррита 1000НН. Он содержит 300—400 витков провода ПЭВ-2 0,1.

В приемнике использовано миниатюрное электромагнитное реле типа РЭС-15, паспорт РС4591003, сопротивление обмотки — 330 Ом.

В качестве антенны может быть использован кусок жесткой стальной проволоки диаметром 0,5—1 мм и длиной 150—400 мм. При бóльших размерах антенны увеличивается радиус действия модели, но приемник становится более чувствительным к различным электрическим помехам, например, от тягового электродвигателя модели.

Налаживание приемника начинают с электронного реле. Подбирают сопротивление резистора R_7 таким, чтобы миллиамперметр, включенный последовательно с реле P_1, при отсутствии сигнала показывал ток 0,5—1 мА. Далее регулируют реле P_1 так, чтобы ток срабатывания его уменьшился до 7—8 мА. Регулировка заключается в ослаблении тяги пружины и уменьшении хода якоря. Пружину следует немного растянуть, а нормально замкнутый контакт подогнуть. После такой переделки реле должно срабатывать при напряжении 3,5—4 В, что обеспечит максимальную экономичность приемника по потребляемому току (при большем токе срабатывания потребовался бы еще один каскад усиления).

Заканчивают настройку электронного реле проверкой его чувствительности. Для этого на базу транзистора T_2 от низкочастотного генератора через конденсатор емкостью 5—10 мкФ подают сигнал НЧ частотой 1 кГц. Реле должно надежно срабатывать при напряжении НЧ 5—7 мВ и отпускать при отключении сигнала.

После настройки электронного реле налаживают сверхрегенеративный детектор. Предварительно отсоединив конденсатор C_{10}, параллельно обмотке реле P_1 включают высокоомные телефоны. Далее подключают антенну (которая будет установлена на модели) и включают питание приемника. В телефонах при этом должен быть слышен характерный «суперный шум». Подбирая резистор R_2, добиваются максимальной громкости этого шума.

При отсутствии шума следует несколько увеличить емкость конденсатора C_5 (до 10—15 пФ) или заменить транзистор T_1.

Далее с генератора ВЧ на вход приемника подают ВЧ сигнал частотой 28,1 МГц, промодулированный звуковой частотой (частота модулирующего сигнала — 1 кГц, глубина модуляции — 100%) с помощью отрезка монтажного провода, расположенного на расстоянии 1—3 см от антенны приемника. Амплитуду напряжения устанавливают такой, чтобы в телефонах был отчетливо слышен сигнал модулирующей частоты («суперный шум» должен исчезнуть). Далее уменьшают напряжение генератора и вращением сердечника катушки L_1 подстраивают приемник по максимальной громкости сигнала.

После этого проверяют правильность настройки, расстраивая генератор в обе стороны от частоты 28,1 МГц. При правильной

настройке приемника громкость сигнала в телефонах при этом должна плавно уменьшаться. Если же сигнал будет периодически убывать и возрастать (многочастотный резонанс), следует уменьшить сопротивление резистора R_3.

Закончив настройку приемника, отсоединяют телефоны и припаивают на место конденсатор C_{10}, после чего проверяют работу приемника совместно с передатчиком. При каждом нажатии кнопки передатчика должно срабатывать реле P_1. В некоторых случаях может потребоваться небольшая подстройка приемника (с помощью сердечника катушки L_1) непосредственно по сигналам передатчика.

Рулевая машинка. Чем аккуратнее и точнее будет сделана рулевая машинка, тем послушнее и маневреннее будет модель. А в самой машинке особое внимание нужно обратить на тщательность изготовления программных дисков и качество сборки механизма, который должен работать легко, без заеданий.

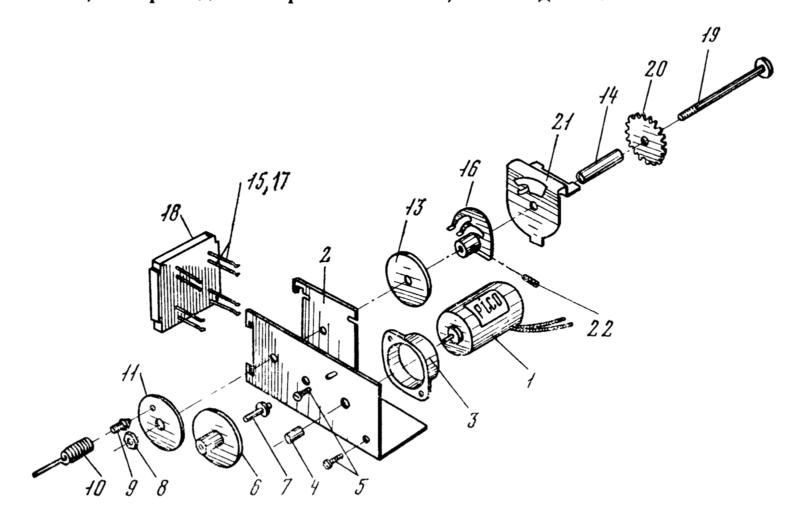


Рис. 4. Конструкция рулевой машинки.

1 — электродвигатель с экраном; *2* — корпус (дюралюминий); *3* — фланец (дюралюминий); *4* — шестеренка (латунь); *5* — винт М2×3; *6* — шестеренка (латунь); *7* — ось (сталь); *8* — гайка М2; *9* — ось поводка (сталь); *10* — поводок (пружина из проволоки ОВС-0,6); *11* — шестеренка (латунь); *12* — шайба; *13* — диск поворота (фольгированный стеклотекстолит); *14* — распорная трубка (латунь); *15* — токосъемник (бронза 0,4); *16* — кулачок собачки (бронза 0,4); *17* — токосъемник (бронза 0,4); *18* — плата (органическое стекло); *19* — ось (сталь); *20* — диск хода (фольгированный стеклотекстолит); *21* — перегородка (сталь); *22* — винт М2×5.

Для выполнения команд используются распределительные диски *13* и *20* (рис. 4) с токосъемниками. Диск *13* используется для управления рулем модели, а диск *20* для реверсирования и выключения тягового электродвигателя.

В исходном состоянии механизма рулевой машинки цепь питания ее электродвигателя разорвана, и он находится в нейтральном положении, а привод руля модели — в положении «Прямо» (рис. 5). Питание подается через контакты *1* и *2*. Но на выходные контакты

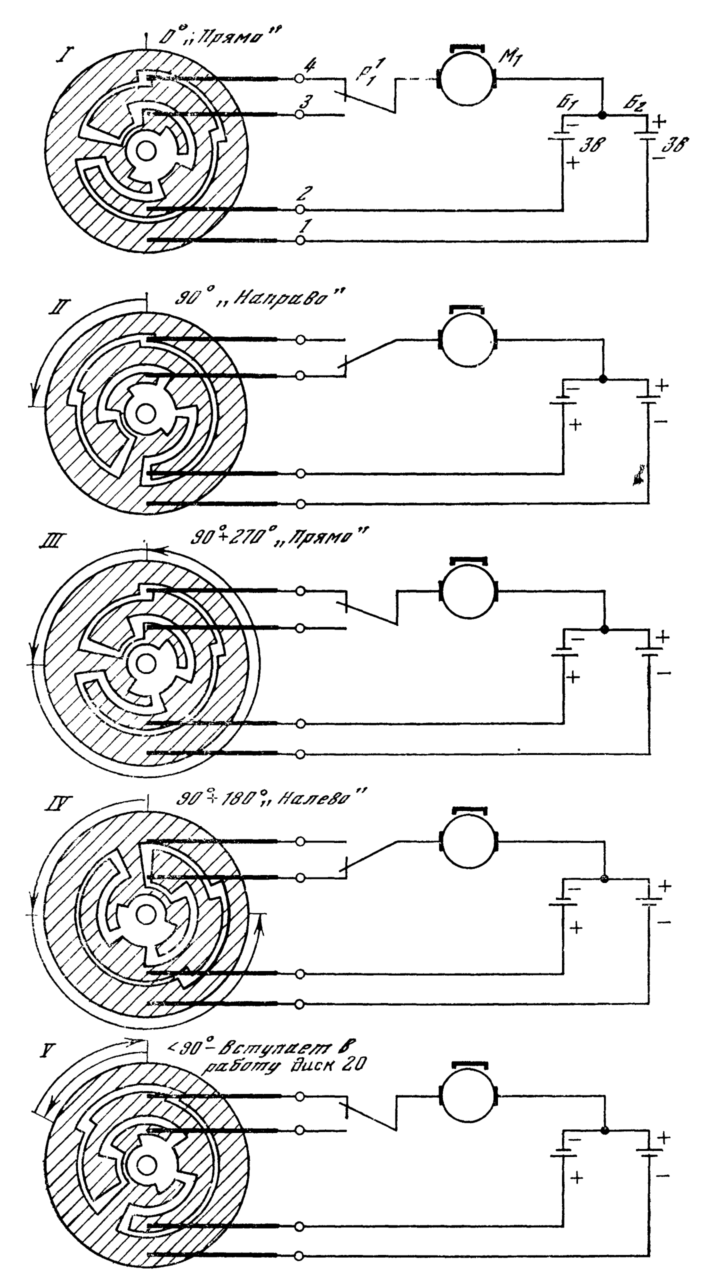


Рис. 5. Схема управления диском поворота.

3, 4 попадает только отрицательное напряжение: «минус» батареи— контакт *1* — токоведущая дорожка диска *13* — контакт *3* — разомкнутый контакт реле P_1 приемника (положение *I*).

При подаче сигнала «Поворот направо» — кнопка передатчика нажата и зафиксирована в этом положении — срабатывает реле приемника P_1 и своими контактами замыкает цепь питания электродвигателя рулевой машинки. Двигатель поворачивает диск *13* на 90°, после чего останавливается, так как контакт *3* попадает в разрыв токоведущей дорожки (положение *II*). В случае попадания контакта *3* на следующую за этим разрывом токоведущую дорожку (вследствие инерции механизма) на электродвигатель будет подано напряжение противоположного знака и он вернется в положение *II*.

Когда кнопка передатчика разомкнется, реле P_1 выключится, через контакт *4* на электродвигатель поступит отрицательное напряжение питания. Он начнет вращаться (в ту же сторону, что и при подаче сигнала) до тех пор, пока не вернется в исходное состояние. Руль снова станет в положение «Прямо» (положение *III*).

Чтобы модель повернула налево, необходимо нажать кнопку передатчика и, выждав время, когда механизм займет положение *II*, отпустить ее на короткое время, а затем вновь нажать. При этом руль сначала повернет направо, затем (при отпускании кнопки) пройдет через положение «Прямо» (диск при обесточенном реле P_1 движется в нейтральное положение *III*) и, наконец (при новом продолжительном нажатии кнопки), повернет налево. Диск *13* при этом повернется на 270° и остановится в этом положении до тех пор, пока будет нажата кнопка передатчика. Реле P_1 сработает и подаст питание на двигатель через контакт *3*, который при повороте на 270° обесточится (так же, как при повороте диска *13* на 90° — «Поворот направо»). Рулевая машинка остановится в положении *IV* («Поворот налево»).

При определенном навыке эта операция проходит достаточно быстро, и промежуточный поворот вправо бывает практически незаметен.

Если длительность сигнала будет меньше времени, необходимого для поворота распределительного диска *13* на 90°, то при отпускании реле P_1 полярность питания электродвигателя рулевой машинки изменится. На двигатель через контакт *4*, токоведущую дорожку диска *13* и контакт *2* поступит напряжение питания положительной полярности, и он начнет вращаться в обратную сторону. Возвращаясь в исходное состояние, он в конце обратного хода при помощи собачки *16* повернет второй распределительный диск *20* на один шаг, при этом произойдет коммутация тягового двигателя модели (положение *V*).

Когда никакой команды нет или кнопка нажата длительное время, диск *20* неподвижен. Модель движется вперед (положение *I* на рис. 6) и «слушается» только диска *13*.

При подаче короткого сигнала, как было сказано, диск *20* поворачивается на один зуб. Тяговый электродвигатель модели обесточивается, так как токоведущие дорожки разорваны, а контакты *1—4* останавливаются на непроводящих участках диска *20*. Выполняется команда «Стоп» (положение *II*).

При следующем коротком сигнале диск *20* снова повернется на один зуб. Происходит коммутация тягового электродвигателя, и модель будет двигаться задним ходом.

Изменив конструкцию распределительного диска *20* и увеличив число токосъемников, можно ввести еще несколько дополнительных команд, например, на подачу звукового сигнала, включение фар и т. д.

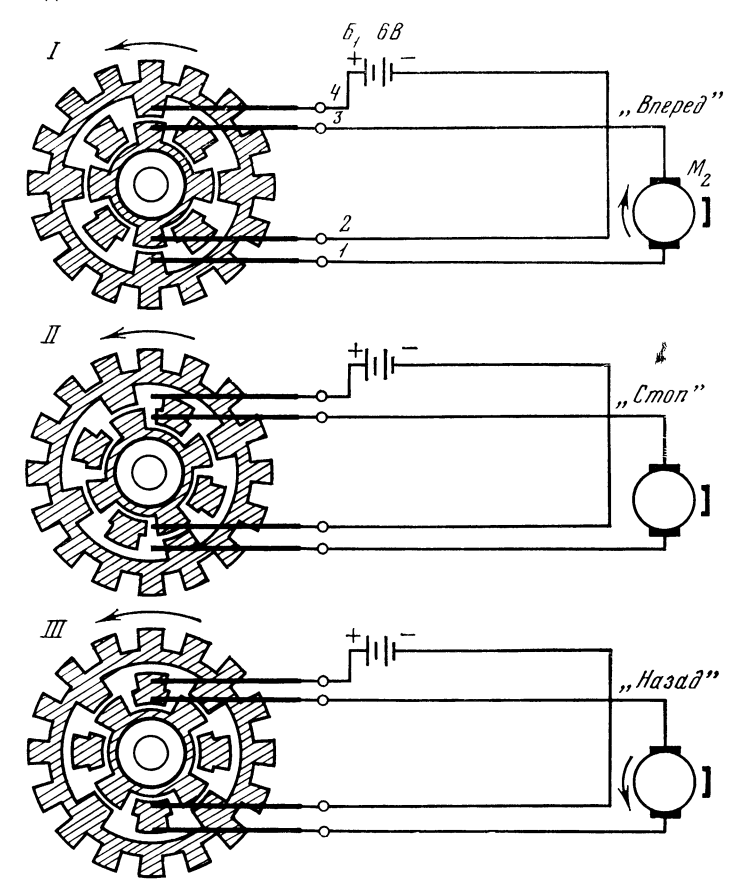


Рис. 6. Схема управления диском хода.

Рулевая машинка и исполнительные устройства модели могут питаться от четырех аккумуляторов типа ЦНК-0,45, гальванических элементов типа 316, «Марс» или других источников с общим напряжением 5—6 В и отводом от середины.

В описываемой рулевой машинке использован микроэлектродвигатель постоянного тока фирмы «Пико» (от игрушек производства ГДР) диаметром 17 мм. Возможно также применение отечественного микродвигателя типа ДК-5-19, специально разработанного для использования в различных моделях. Однако при его применении

следует скорректировать размеры деталей рулевой машинки, так как он имеет несколько больший диаметр — 19 мм.

Наиболее ответственными деталями рулевой машинки являются программные диски. Их изготовляют из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. На предварительно изготовленные за-

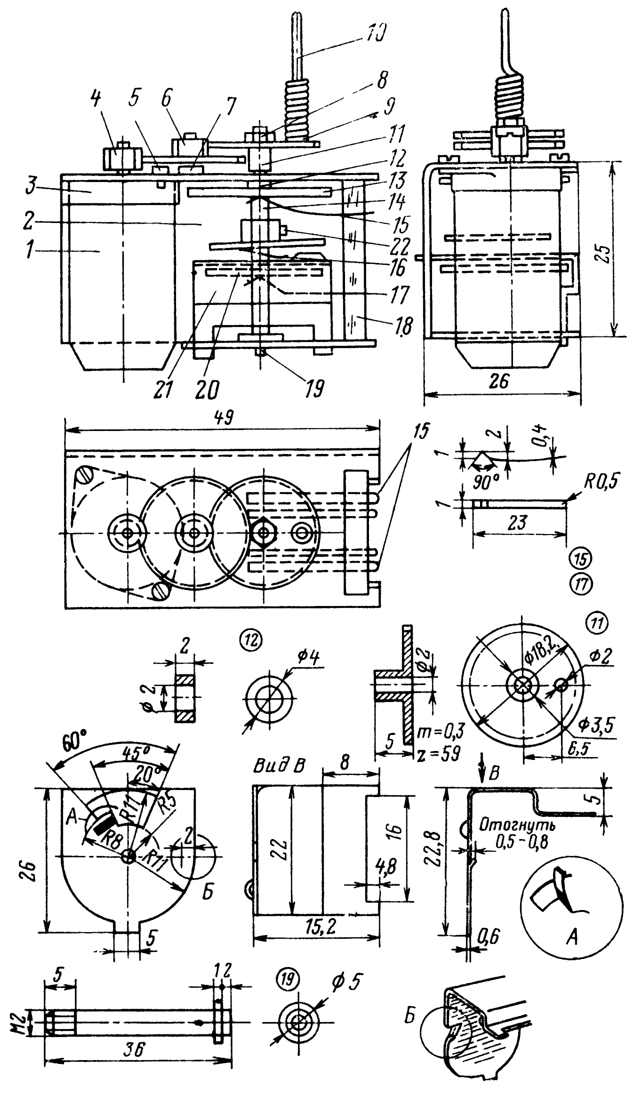


Рис. 7.

готовки следует перенести рисунок токоведущих дорожек, как при любительском способе изготовления печатных плат (можно использовать нитрокраску или асфальтобитумный лак). После травления в водном растворе хлорного железа до полного удаления меди с незащищенных краской мест диски промывают горячей водой и удаляют защитную краску. Затем их сушат и после проверки на отсутствие перетравленных мест на узких участках токоведущих дорожек изолируют с помощью эпоксидного клея участок токоведущей дорожки диска *13*. Это необходимо для предотвращения коротких замыканий источника питания при работе рулевой машинки. Чертежи деталей приведены на рис. 7.

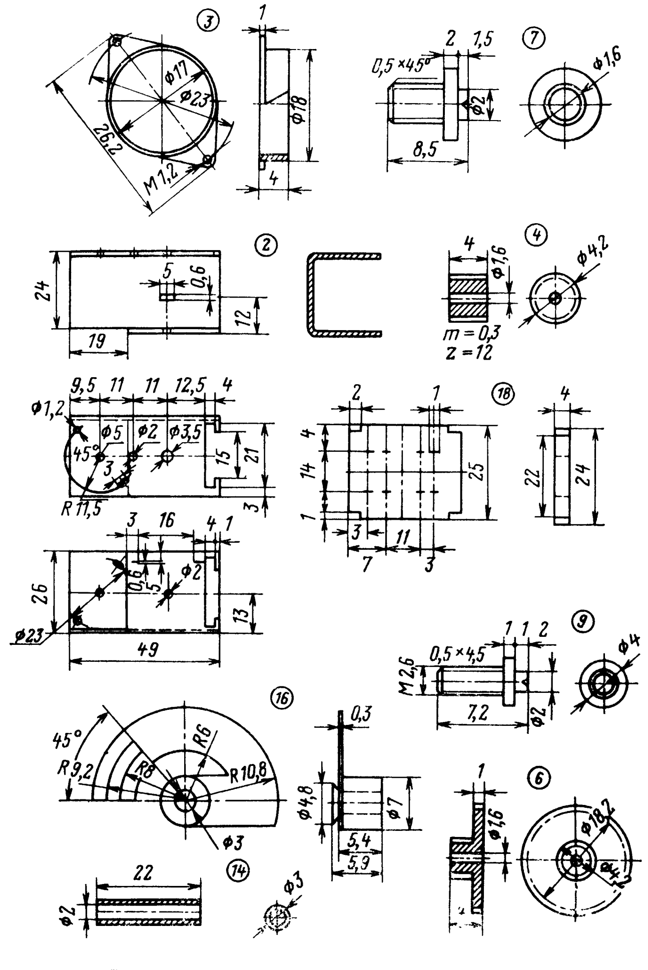


Рис. 7.

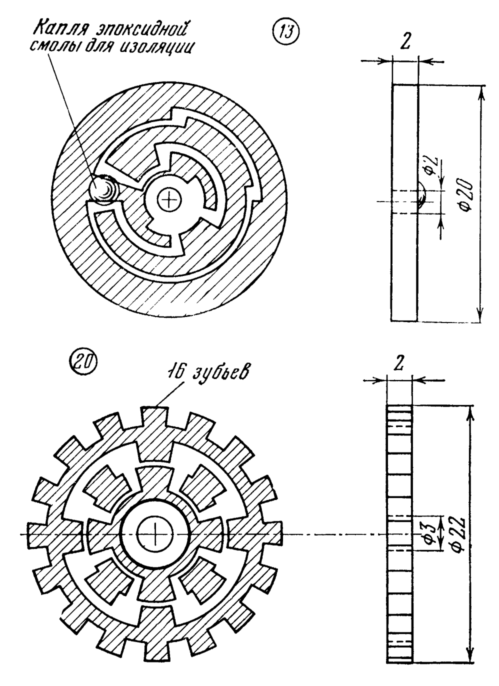


Рис. 7. Конструкция рулевой машинки и чертежи ее деталей (позиционные обозначения такие же, как на рис. 4).

При затруднениях в изготовлении зубчатых колес *4, 6* и *11* их можно взять от какого-либо механизма или заводной игрушки. Их размеры могут несколько отличаться от указанных на чертеже, однако необходимо, чтобы передаточное отношение редуктора было 1 : 25—1 : 30.

Изготовляя перегородку *21*, необходимо усик *А* аккуратно отогнуть наружу, придав ему форму дуги, а усик *Б* отогнуть внутрь. Токосъемники *15, 17* запрессовывают горячим паяльником в предварительно просверленные отверстия в плате *18* из органического стекла.

Ось поводка *9* вставляют в боковое отверстие шестерни *11* и расклепывают в нем. На резьбовой выступ поводка *9* с натягом надевают пружинный поводок *10*. Кулачок собачки изготовляют из пружинящей листовой латуни или бронзы и приклепывают или припаивают к выступу втулки *16*. Концы кулачка изгибают так, чтобы при обратном вращении наружный усик кулачка цеплялся за зуб диска *20*, а внутренний обеспечивал расцепление с диском *20*, проходя по усику *А* детали *21*. Ось *7* промежуточной шестерни вставляют в отверстие с наружной стороны корпуса *2* рулевой машинки и расклепывают в нем.

Рулевую машинку собирают в такой последовательности: на ось *19* надевают распорную трубу *14*, диск хода *20*, перегородку

21, кулачок собачки *16*, диск поворота *13* и шайбу *12*; затем ось *19* с надетыми на нее деталями устанавливают в корпус *2* (сначала ось *19* заводят в отверстие корпуса большего (3,5 мм) диаметра, а затем, слегка отогнув стенку корпуса, устанавливают конец этой оси в отверстие диаметром 2 мм); выступы перегородки *21* пропускают в пазы корпуса и отгибают, плату *18* с токосъемниками *15* и *17* крепят усиками корпуса, которые слегка отгибают внутрь платы *18* (при установке платы *18* необходимо следить, чтобы токосъемники попали на токоведущие дорожки дисков *13* и *20*); микродвигатель, предварительно приклеенный к фланцу *3*, крепят винтами к корпусу *2*; на ось двигателя напрессовывают шестеренку *4*; на ось *7* устанавливают шестерню *6*; на ось *19* устанавливают шестерню *11* и наворачивают гайку *8*.

При сборке необходимо следить, чтобы все подвижные детали вращались легко. Диск *20* должен свободно вращаться на распорной трубке *14*, а диск *13* прочно зажат между деталями *14* и *12* и вращаться совместно с деталями *16* и *11*.

Для регулировки машинку включают по схеме в соответствии с рис. 5. Вместо реле используют переключатель. Включив питание (положение *I*, рис. 5), проверяют, остановится ли поводок *10* в верхнем положении. При неправильном положении поводка *10* ослабляют гайку *8* и проворачивают шестерни редуктора в ту или другую сторону, придерживая диск *13*. После регулировки гайку *8* затягивают и фиксируют краской.

В положении *II* проверяют, чтобы поводок *10*, вращаясь по часовой стрелке, повернулся на 90° и остановился. При неправильном направлении вращения двигателя меняют полярность его включения.

Проверив правильность выполнения команд «Поворот направо», «Прямо» и «Поворот налево», приступают к регулировке переключателя тягового двигателя. Для этого в исходном состоянии (положение *I*) закрепляют винтом *22* кулачок собачки *16* так, чтобы внутренний усик этого кулачка находился на вершине изогнутого усика *А* детали *21*. Далее, поворачивая вручную (батарею питания следует отключить) шестерню *11* по часовой стрелке на 15—60°, добиваются, чтобы при обратном вращении шестерни *11* (возврат в исходное состояние) наружный усик кулачка собачки *16* входил в зацепление с зубом диска *20*, поворачивал этот диск на один шаг и расцеплялся с ним (за счет взаимодействия внутреннего усика с деталью *21, А*). Для этого подгибают усики кулачка собачки и перемещают его по распорной втулке *14*. Надо следить, чтобы при обратном вращении (против часовой стрелки) кулачок собачки не упирался в край выреза детали *21*, а свободно проходил сверху.

Теперь можно подключить батарею и, манипулируя тумблером, проверить правильность выполнения всех команд.

Для уменьшения помех от электродвигателя рулевой машинки его необходимо питать через помехоподавляющий фильтр, который состоит из двух высокочастотных дросселей, включенных последовательно с выводами электродвигателя, и двух керамических конденсаторов емкостью по 47 000 пФ, включенных между выводами электродвигателя и его корпусом (корпус соединяют со средней точкой батареи питания). Фильтр монтируют непосредственно на выводах электродвигателя и закрывают металлическим экраном. Дроссели фильтра содержат по 30—40 витков провода ПЭВ-2 0,35,

намотанных виток к витку на сердечниках диаметром 2,7 мм и длиной 12 мм из феррита 1000НН.

В качестве тягового двигателя модели может быть использован микроэлектродвигатель «Пико» диаметром 27 мм (от игрушек производства ГДР) или отечественный типа МЭД-20. Тяговый двигатель модели включают через такой же фильтр.

ДВУХКОМАНДНАЯ АППАРАТУРА «ОРБИТА» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАЮЩИМИ МОДЕЛЯМИ

Обычно небольшие по размерам модели начинающих авиамоделистов слишком чувствительны к поворотам руля и при однокомандном управлении кренятся и «рыскают». Избежать этого можно, применяя двухкомандную аппаратуру, которая позволяет устанавливать нейтральное положение руля. Но все преимущества двухкомандного управления «съедаются», как правило, усложнением приемника и, главное, увеличением его массы. Поэтому при разработке описываемой здесь аппаратуры «Орбита» основное внимание было уделено созданию простого, легкого приемного устройства и рулевой машинки, обеспечивающей нейтральное положение и плавную перекладку руля. Удалось создать приемник с массой всего 28 г и рулевую машинку с массой 44 г.

Аппаратура состоит из передатчика, приемника с дешифратором и рулевой машинки. Работа аппаратуры основана на принципах частотно-импульсной и широтно-импульсной модуляции для передачи командных сигналов.

Эта система обеспечивает развороты модели направо и налево, полет прямо, а также позволяет управлять скоростью перекладки руля. Для управления используются три вида сигналов: немодулированная несущая ВЧ (при полете модели прямо), которая обеспечивает повышение помехозащищенности приемника, несущая ВЧ, модулированная импульсами с частотой около 1 кГц (при повороте направо), несущая ВЧ, модулированная пачками тех же импульсов с частотой повторения около 10 Гц и переменной скважностью (при повороте налево). Изменяя скважность пачек импульсов, можно также управлять скоростью поворота руля.

Приемник, дешифратор и сервоусилитель. Для уменьшения массы приемной аппаратуры дешифратор и исполнительный механизм не содержат электромагнитных реле и резонансных фильтров *LC*.

Приемник (рис. 8) выполнен по схеме сверхрегенератора с самогашением. Его чувствительность 5—10 мкВ. Для повышения устойчивости работы сверхрегенеративного каскада, собранного на транзисторе T_1, его рабочая точка стабилизирована кремниевым диодом $Д_1$. Продетектированный сигнал поступает с выхода сверхрегенеративного каскада через фильтр высоких частот $R_3C_6Дp_2R_4$ на вход двухкаскадного усилителя низкой частоты. Этот фильтр отфильтровывает частоту самогашения сверхрегенеративного детектора и значительно ослабляет действие импульсных помех.

Усилитель низкой частоты выполнен на транзисторах T_2 и T_3 с гальванической связью. Стабилизация его режима осуществляется за счет отрицательной обратной связи по постоянному току. Напряжение обратной связи подается на базу транзистора T_2 через резистор R_6. Сопротивление этого резистора определяет режим усилителя по постоянному току. Его подбирают таким, чтобы ток

в коллекторной цепи транзистора T_3 был равен 1 мА. Использование такого усилителя позволило сократить число деталей и обеспечило достаточно высокую стабильность его работы.

С резистора R_8, являющегося коллекторной нагрузкой выходного транзистора усилителя НЧ, сигнал через разделительный конденсатор C_9 поступает на вход дешифратора, выполненного на транзисторах T_4 и T_5 и диодах $Д_2$, $Д_3$. Выход дешифратора гальванически соединен со входом сервоусилителя рулевой машинки. Применение кремниевых приборов в дешифраторе повышает помехозащищенность и стабильность режима работы сервоусилителя.

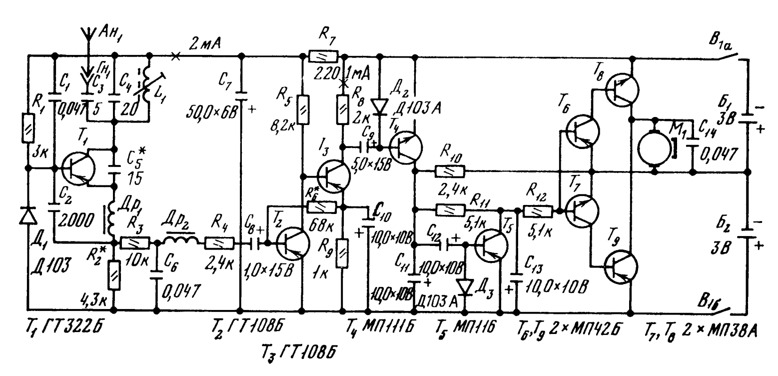


Рис. 8. Принципиальная схема приемника.

При подаче на вход дешифратора (базу транзистора T_4) НЧ импульсов с частотой 1 кГц положительная полуволна открывает транзистор, и конденсатор C_{11} заряжается почти до напряжения источника питания. Напряжение пульсаций на конденсаторе C_{11} меньше порога открывания (0,5—0,6 В) транзистора T_5, поэтому транзистор T_5 будет закрыт и не сможет влиять на работу сервоусилителя. На вход сервоусилителя через резисторы R_{11} и R_{12} будет подано управляющее напряжение отрицательного знака, что соответствует команде «Поворот направо».

При подаче пачек импульсов с частотой повторения порядка 10 Гц на конденсаторе C_{11} после детектирования импульсов транзистором T_4 появится импульсное напряжение с частотой 10 Гц и амплитудой, достаточной для открывания транзистора T_5. Транзистор T_5 продетектирует эти импульсы, напряжение на конденсаторе C_{13} упадет почти до нуля (он разрядится через транзистор T_5), и на вход сервоусилителя будет подано положительное (относительно средней точки источника питания) напряжение, которое заставит вращаться электродвигатель рулевой машинки. Будет выполнена команда «Поворот налево». При изменении скважности импульсов управляющее напряжение на входе сервоусилителя будет менять свою величину. Частота вращения электродвигателя при этом также будет изменяться, что дает возможность управлять временем перекладки руля.

При отсутствии низкочастотных импульсов на входе дешифратора транзисторы T_4 и T_5 будут закрыты. Управляющее напряжение на входе сервоусилителя отсутствует. Руль модели возвратной пру-

жиной устанавливается в нейтральное положение, и модель летит прямо. Передатчик в это время излучает немодулированную несущую, которая, воздействуя на сверхрегенератор, уменьшает его собственные шумы и ослабляет влияние помех на его работу.

Сервоусилитель выполнен на транзисторах T_6—T_9. Начальное (нулевое относительно эмиттеров) смещение на базы транзисторов T_6 и T_7 подается от средней точки источника питания через резисторы R_{10}, R_{11} и R_{12}. При отсутствии командных сигналов транзисторы закрыты.

Нагрузка сервоусилителя (электродвигатель рулевой машинки) включена между общей точкой коллекторов выходных транзисторов T_8, T_9 и средней точкой источника питания. Конденсатор C_{14} уменьшает помехи, возникающие при работе коллекторного электродвигателя рулевой машинки.

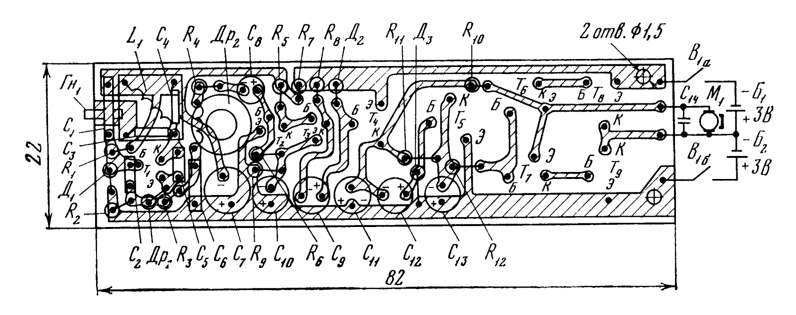


Рис. 9. Монтажная плата приемника.

Приемник с дешифратором и сервоусилителем смонтирован на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размерами 22×82 мм. Монтажная схема приемного устройства приведена на рис. 9. В приемнике использованы резисторы типа МЛТ-0,125 или УЛМ; электролитические конденсаторы — К50-6; конденсаторы C_3—C_5—КД-1а; остальные — КМ или К10-7в. Контурная катушка L_1 намотана на полистироловом каркасе диаметром 5 мм с карбонильным подстроечным сердечником диаметром 4 мм (от броневого сердечника СБ-12). Она содержит восемь витков провода ПЭВ-2 0,6, намотанных виток к витку. Дроссель $Др_1$ типа Д-0,1 с индуктивностью 8 мкГ, дроссель $Др_2$ — самодельный. Он намотан на ферритовом кольце с наружным диаметром 7—10 мм из феррита 1000НН. Обмотка состоит из 350 витков провода ПЭВ-2 0,12. Транзисторы, используемые в приемнике, должны иметь статический коэффициент передачи тока $h_{21Э} = 30 \div 100$. Диоды могут быть заменены любыми другими маломощными кремниевыми диодами или стабилитронами. В качестве антенны используется кусок монтажного провода длиной 30—50 см.

Налаживают сверхрегенеративный каскад приемника так же, как и каскад приемника, выполненного по схеме рис. 2. Оптимальный режим работы транзистора T_1 по постоянному току устанавливают подбором сопротивления резистора R_2.

Подбором сопротивления резистора R_6 добиваются, чтобы коллекторный ток транзистора T_3 был равен 0,8—1 мА.

Дешифратор и сервоусилитель при исправных деталях, как правило, налаживания не требуют.

Передатчик. Выходная мощность передатчика — около 150 мВт. Задающий генератор выполнен на транзисторе T_5 (рис. 10) по схеме с кварцевой стабилизацией. Кварцевый резонатор включен между коллектором и базой транзистора. В коллекторную цепь транзистора T_5 включен резонансный контур L_1C_6, настроенный на частоту, близкую к резонансной частоте кварца. В усилителе мощности — выходном каскаде передатчика использован транзистор T_6, включенный по схеме с общим эмиттером. Сигнал от задающего генератора подается на вход усилителя мощности через катушку связи L_2, включенную между эмиттером и базой транзистора T_6. Нагрузка выходного каскада — резонансный контур L_3C_7 — включена между эмиттером транзистора T_6 и выходом модулятора. Такое несколько необычное включение нагрузки позволило использовать в качестве радиатора металлический корпус передатчика.

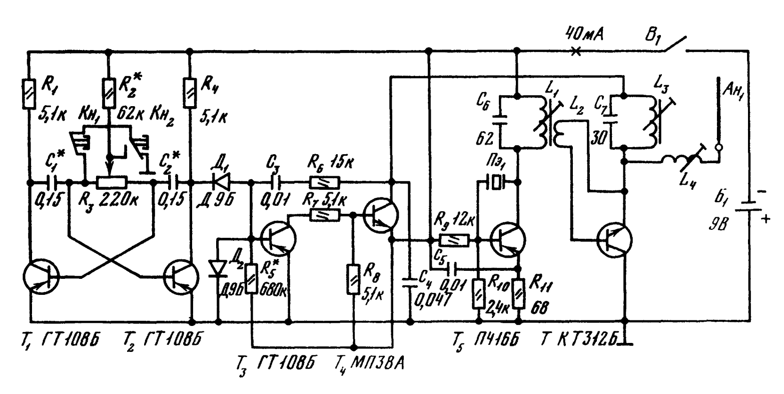


Рис. 10. Принципиальная схема передатчика.

Для увеличения электрической длины антенны передатчика использована катушка L_4.

Модулируется выходной каскад передатчика по цепи коллекторного питания импульсным напряжением несимметричного мультивибратора, собранного на транзисторах T_3 и T_4. Этот мультивибратор генерирует прямоугольные импульсы с частотой около 1 кГц. База транзистора T_3 через диод $Д_1$ соединена с выходом другого симметричного мультивибратора, собранного на транзисторах T_1 и T_2. В исходном состоянии (кнопки $Кн_1$ и $Кн_2$ не нажаты) транзистор T_2 закрыт. В этом случае отрицательное напряжение от общего минуса источника питания через резистор R_4 и диод $Д_1$ будет подано на базу транзистора T_3 — он откроется и своим коллекторным током откроет транзистор T_4. Передатчик будет излучать немодулированные колебания, что соответствует команде «Прямо».

При замыкании кнопки $Кн_2$ к базе транзистора T_2 через резистор R_2 подается открывающее напряжение. Транзистор T_2 открывается, напряжение на его коллекторе уменьшается практически до нуля, а диод $Д_1$ закрывается. Мультивибратор на транзисторах T_3,

T_4 начинает генерировать импульсы с частотой около 1 кГц и модулировать ими ВЧ колебания передатчика. Такой режим работы соответствует команде «Направо».

Замыкание кнопки $Кн_1$ создает условия для возникновения колебаний в симметричном мультивибраторе на транзисторах T_1, T_2, который с помощью диода $Д_1$ будет периодически с частотой около 10 Гц включать и выключать модулятор — мультивибратор на транзисторах T_3, T_4. Передатчик в таком режиме будет излучать пачки модулированных колебаний ВЧ, что соответствует команде «Налево».

Переменным резистором R_3 можно регулировать скважность пачек.

Детали передатчика смонтированы на двух печатных платах. На одной из них размещены мультивибраторы, а на другой — задающий и выходной ВЧ каскады. Каждая из плат помещена в отдельный экранированный отсек. Кнопки $Кн_1$ и $Кн_2$ и переменный резистор R_3 расположены в одном отсеке с платой мультивибраторов. Органы управления передатчиком выведены на верхнюю часть передней крышки корпуса передатчика.

Корпус передатчика желательно изготовить из листовой латуни, пропаяв углы и стыки перегородок между отсеками.

Во избежание перегрузки выходного транзистора передатчик не должен включаться без развернутой антенны. Для этого в конструкции предусмотрен выключатель B_1, который включает цепь питания только при выдвижении антенны.

В передатчике использованы постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, переменный — СПО-0,15; конденсаторы C_6, C_7 типа КД-1а, остальные — КМ и К10-7. Диоды — Д1 или Д9 с любым буквенным индексом. Транзисторы должны иметь статический коэффициент передачи тока $h_{21Э}=30\div100$. В качестве кнопок $Кн_1$ и $Кн_2$ и выключателя питания B_1 использованы малогабаритные микровыключатели.

Антенна передатчика — телескопическая, длиной 1 м (от радиоприемника «Банга»). В качестве источника питания использованы шесть гальванических элементов типа 316 с общим напряжением 9 В. Катушки намотаны на полистироловых каркасах диаметром 7 мм с подстроечными сердечниками из феррита 100НН. Намотка всех катушек — рядовая, виток к витку. Катушка L_2 расположена рядом с катушкой L_1 (на общем каркасе) со стороны подстроечного сердечника. Катушка L_1 содержит восемь витков провода ПЭЛШО 0,35; L_2 — два витка ПЭЛШО 0,12; L_3 — десять витков ПЭЛШО 0,35 и L_4 — 18 витков ПЭЛШО 0,35.

Налаживание передатчика начинают с модулятора, для чего вынимают кварцевый резонатор и временно между коллектором транзистора T_4 и плюсом источника питания включают резистор сопротивлением 150 Ом. С помощью осциллографа проверяют работу мультивибраторов при различных положениях кнопок $Кн_1$ и $Кн_2$ и движка переменного резистора R_3. Частота повторения импульсов мультивибратора на транзисторах T_1, T_2 зависит от сопротивления резисторов R_3 и R_2 и емкости конденсаторов C_1 и C_2. При среднем положении движка резистора R_3 и нажатой кнопке $Кн_1$ он должен генерировать симметричные прямоугольные импульсы с частотой около 10 Гц. Необходимую частоту генерации устанавливают подбором сопротивления резистора R_2 и емкости конденсаторов C_1, C_2. При изменении положения движка резистора R_3 должна меняться

длительность импульсов мультивибратора, а частота повторения практически оставаться неизменной. При крайних положениях движка возможны срывы работы мультивибратора, однако это не препятствует нормальному управлению моделью.

Движком резистора R_3 пользуются только при нажатой кнопке $Кн_1$ для плавного изменения положения руля. Во всех других случаях движок должен находиться в среднем положении.

Частота генерации несимметричного модулятора-мультивибратора определяется емкостью конденсатора C_3 и сопротивлением резистора R_6 и должна быть равна 1 кГц. В некоторых случаях для получения устойчивой генерации потребуется подобрать сопротивление резистора R_5.

Закончив регулировку мультивибраторов, вставляют на место кварцевый резонатор, отключают резистор сопротивлением 150 Ом и приступают к настройке генератора ВЧ.

В общую цепь питания передатчика включают миллиамперметр на 250—300 мА. Настройку ведут при положении кнопок, соответствующем излучению немодулированной несущей, и с полностью выдвинутой антенной. Вращением сердечника катушки L_1 добиваются максимального потребления тока, а подстройкой выходного контура (L_3C_7) — минимального.

Окончательно передатчик настраивают по индикатору напряженности поля, подстраивая по максимуму излучения контур L_3C_7 и удлиняющую катушку L_4.

В нормально работающем передатчике потребление тока в режиме немодулированной ВЧ должно быть не менее 35—40 мА. Иногда для получения заданного режима бывает необходимо увеличить на один-два витка число витков катушки связи L_2.

Закончив налаживание передатчика, уточняют настройку приемника. Включают приемник и передатчик (режим передатчика — модуляция частотой 1 кГц) и, отнеся передатчик на достаточное расстояние, подстраивают входной контур приемника. Приемник при этом должен быть установлен на модели с предварительно подобранной антенной. Для контроля можно параллельно диоду $Д_2$ включить телефоны.

Рулевая машинка. Для управления рулем поворота модели используется рулевая машинка с механическим возвратом в нейтральное положение. Ее конструкция показана на рис. 11. Машинка имеет фрикционную центробежную муфту сцепления редуктора с валом микроэлектродвигателя, что обеспечивает уменьшение потребляемого тока при предельных отклонениях качалки и облегчает работу механизма при возврате в нейтральное положение.

Размеры отдельных деталей рулевой машинки зависят от типа используемого электродвигателя и шестеренок редуктора. Для редуктора потребуются три шестеренки от будильника или какого-либо другого механизма, обеспечивающие передаточное отношение 1 : 60. Этого вполне достаточно для нормальной работы рулевой машинки.

Корпус машинки *6* вытачивают на токарном станке из дюралюминия. Диаметр корпуса должен быть таким, чтобы внутрь его с легким трением мог вдвигаться электродвигатель ДК-5-19 или «Пико». Использование последнего предпочтительнее, так как он имеет меньший потребляемый ток.

Основание *4* изготовляют из листового дюралюминия. Отверстия для осей шестеренок и крепящих винтов необходимо после

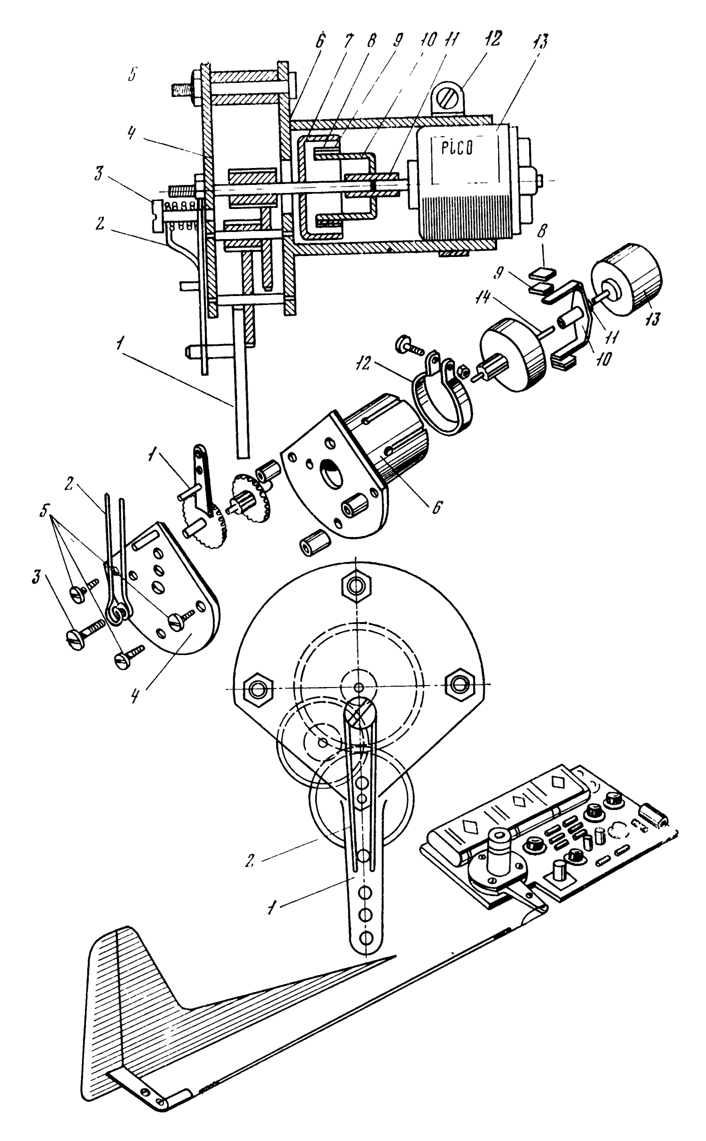


Рис. 11. Конструкция рулевой машинки с механическим возвратом в нейтраль.

1 — качалка; *2* — возвратная пружина; *3* — винт для крепления возвратной пружины; *4* — основание; *5* — винты для крепления рулевой машинки к плате; *6* — корпус; *7* — муфта сцепления; *8* — резиновая прокладка; *9* — грузик; *10* — лепесток; *11* — трубка; *12* — крепежное кольцо; *13* — микроэлектродвигатель; *14* — ось муфты.

разметки сверлить совместно в основании *4* и корпусе *6*, для чего эти детали следует скрепить струбцинкой. Муфту *7* изготавливают из латуни и вместе с самой маленькой шестеренкой припаивают к оси муфты *14*.

Пружинный лепесток *10* изготавливают из тонкой латунной или бронзовой фольги. На концы лепестка *10* припаивают медные грузики, поверх которых для увеличения трения с поверхностью муфты *7* приклеивают кусочки резины. В отверстие лепестка *10* впаивают латунную трубку *11*. При этом необходимо, чтобы при сборке трубка *11* плотно сидела на оси электродвигателя и не прокручивалась. Ось *14*, наоборот, должна свободно вращаться в трубке *11*.

Возвратную пружину *2* изготовляют из стальной проволоки ОВС диаметром 0,8 мм. Она, воздействуя на палец качалки *1*, создает усилие, возвращающее механизм в нейтральное положение.

Качалку *1* изготовляют из листовой латуни или стали и припаивают к последней шестерне редуктора. Отверстия в качалке *1* служат для соединения с тягой руля модели.

Микродвигатель *13* закрепляют в корпусе *6* крепежным кольцом *12*, стягиваемым винтом с гайкой.

В нерабочем состоянии лепесток *10* не касается внутренней поверхности муфты *7*. Но как только электродвигатель начнет вращаться, под действием центробежной силы грузики *9* прижмутся к муфте *7*, а резиновые прокладки обеспечат хорошее сцепление деталей. Редуктор придет в движение, и качалка *1*, укрепленная на последней его шестеренке, отклонит руль модели. Когда микродвигатель остановится, грузики займут первоначальное положение, и возвратная пружина *2* вернет руль в нейтральное положение.

При полном отклонении руля качалка своим пальцем упрется в край основания *4*, при этом грузики *9* будут проскальзывать по поверхности муфты *7*. Такой режим работы обеспечивает меньшее потребление тока электродвигателя по сравнению со случаем, когда его ось заторможена. Это позволяет питать приемное устройство от сравнительно маломощного источника напряжения, например гальванических элементов 316.

Рулевую машинку крепят винтами *5* к куску тонкой фанеры вместе с платой приемника и источником питания, а затем устанавливают в модель. Такая система удобна для центровки модели и позволяет иметь хороший доступ к аппаратуре.

После регулирования положения центра масс модели и закрепления аппаратуры рулевую машинку соединяют тягой с рулем поворота. Тягу изготовляют из липовой рейки сечением 5 × 5 мм, к ее концам нитками и клеем крепят крючки из проволоки ОВС диаметром 1 мм.

ДВУХКАНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ

Системы пропорционального управления моделями в последнее время завоевывают все большую популярность среди моделистов-конструкторов. Однако постройка и налаживание многоканальной аппаратуры пропорционального управления по силам только высококвалифицированным радиолюбителям. Аппаратуру можно значительно упростить, если, использовав основные принципы системы, сократить число каналов до одного-двух.

Здесь приводится описание двухканальной аппаратуры пропорционального управления моделями. Описываемая двухканальная аппаратура может быть установлена на морских, сухопутных и летающих моделях. Любой из каналов может быть использован как для управления рулями модели, так и для управления тяговым электродвигателем.

Основное преимущество пропорциональной системы перед дискретной состоит в том, что по командам оператора она позволяет отклонять рули модели на любой требуемый угол и плавно изменять частоту вращения тягового электродвигателя, причем возможно одновременное управление по обоим каналам.

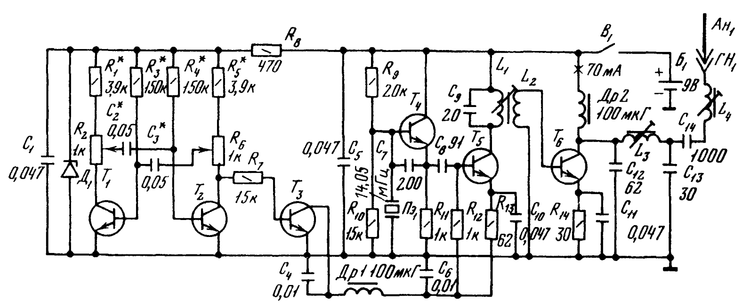


Рис. 12. Принципиальная схема передатчика двухканальной аппаратуры пропорционального управления моделями.

В системе пропорционального управления командные сигналы содержат информацию о необходимом положении рулей, частоте и направлении вращения тягового двигателя, которая после расшифровки в специальном устройстве — дешифраторе сравнивается с сигналами, поступающими от исполнительных механизмов. В результате сравнения получается сигнал рассогласования, который после усиления используется для приведения в действие двигателя исполнительного механизма. Воздействие сигнала рассогласования таково, что исполнительный механизм принимает новое положение (по углу поворота либо по частоте и направлению вращения), при котором сигнал рассогласования равен нулю. Это положение исполнительных механизмов пропорционально отклонению ручек управления.

В аппаратуре использован принцип широтно-импульсной модуляции с независимым управлением длительностью импульса и паузы, чем обеспечивается возможность передачи информации по двум каналам.

Аппаратура содержит передатчик, приемник супергетеродинного типа, дешифратор и два сервоусилителя. Один из сервоусилителей предназначен для работы с рулевой машинкой, другой — с тяговым электродвигателем модели.

Передатчик. Принципиальная схема передатчика показана на рис. 12. Выходная мощность передатчика около 150 мВт, что позволяет управлять моделью в радиусе действия несколько сотен метров.

Частота передатчика стабилизирована кварцем. Модуляция — широтно-импульсная с независимым управлением длительностью импульса и паузы. Средняя длительность импульса и паузы — 1 мс. В передатчике использована телескопическая антенна длиной 1 м.

Питание передатчика — от двух батарей 3336Л, соединенных последовательно. Потребляемый ток составляет 70—80 мА.

Задающий генератор передатчика собран на транзисторе T_4 с кварцевым резонатором $Пэ_1$, включенным по осцилляторной схеме. Необходимая для возбуждения генератора положительная обратная связь создается с помощью конденсатора C_7, включенного между базой и эмиттером транзистора T_4. Нагрузкой генератора служит резистор R_{11}. Режим по постоянному току устанавливается с помощью базового делителя R_9R_{10}.

Генератор возбуждается на основной частоте кварцевого резонатора $Пэ_1$ (14,05 МГц). Высокочастотные колебания через конденсатор связи C_8 поступают на вход удвоителя частоты, собранного на транзисторе T_5. Рабочая точка этого транзистора устанавливается с помощью резисторов R_{12} и R_{13}. Его нагрузкой является контур L_1C_9, настроенный на вторую гармонику кварцевого резонатора — 28,1 МГц.

Выходной каскад передатчика — усилитель мощности собран на транзисторе T_6, включенном по схеме с общим эмиттером. Связь между выходным каскадом и каскадом удвоения частоты — трансформаторная, с помощью катушки L_2. Нагрузкой выходного каскада служит П-образный контур $C_{12}L_3C_{13}$, позволяющий получить хорошее подавление гармоник. К выходу П-контура через разделительный конденсатор C_{14}, удлиняющую катушку L_4 и гнездо $Гн_1$ подключена штыревая антенна $Ан_1$. Питание выходного каскада подается (по параллельной схеме) через дроссель $Др_2$. Конденсатор C_5 шунтирует цепи питания передатчика по высокой частоте.

Модулятор выполнен на транзисторах T_1 и T_2, работающих в мультивибраторе с независимой регулировкой длительности импульсов в левом и правом плечах. С правого плеча мультивибратора модулирующий сигнал поступает на базу транзистора T_3 ключевого каскада. Этот транзистор через фильтр $C_4Др_1C_6$ коммутирует ток в цепи питания удвоителя частоты, осуществляя тем самым модуляцию ВЧ колебаний передатчика. Такой способ модуляции на промежуточный каскад позволил сократить общее число каскадов модулятора и несколько повысить общий к. п. д. передатчика.

Длительность и паузу импульсов регулируют переменными резисторами R_2 и R_6, включенными в коллекторные цепи транзисторов T_1 и T_2. Средняя длительность импульса и паузы и режим по постоянному току транзисторов T_1 и T_2 определяются сопротивлением резисторов R_3 и R_4 и емкостями конденсаторов C_2 и C_3. Дополнительные резисторы R_1 и R_5 служат для подгонки необходимого изменения диапазона длительности импульсов.

Для обеспечения независимости длительности импульсов от напряжения источника питания используется стабилизатор напряжения, выполненный на стабилитроне $Д_1$ и резисторе R_8. Для уменьшения влияния ключевого каскада на режим мультивибратора между ними включен развязывающий резистор R_7.

Детали передатчика, за исключением переменных резисторов R_2 и R_6, смонтированы на двух печатных платах (рис. 13). На одной из них собран модулятор, а на другой ВЧ блок. Обе платы

вместе с батареями питания размещены в пластмассовом корпусе (рис. 14) размерами 210 × 140 × 45 мм.

На лицевой панели корпуса расположены выключатель питания B_1 и ручки управления, связанные с переменными резисторами R_2 и R_6. В верхней стенке корпуса имеется резьбовое гнездо для установки телескопической антенны. Для переноски передатчика используется съемный ремень.

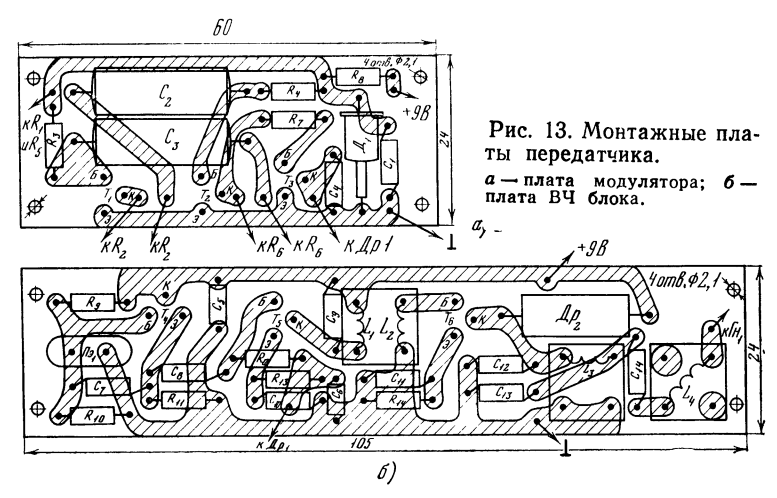


Рис. 13. Монтажные платы передатчика.

а — плата модулятора; *б* — плата ВЧ блока.

Конструкция механизма управления переменными резисторами показана на рис. 15. Она обеспечивает (с помощью возвратной пружины) установку ручек управления в нейтральное положение при их отпускании.

В передатчике использованы транзисторы типов КТ315Б с $h_{21Э}$ =50÷100 и КТ603Б с $h_{21Э} \geqslant 60$; постоянные резисторы типа УЛМ-0,25; переменные резисторы R_2 и R_6 — СП; конденсаторы C_1, C_4, C_5, C_6, C_{11}, C_{14} — керамические типа К10-7В, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{12}, C_{13} — КТ-1а или КД; C_2 и C_3 — бумажные — МБМ; дроссели $Др_1$ и $Др_2$ — типа Д-0,1. Катушки L_1—L_4 намотаны на полистироловых каркасах диаметром 7 мм с подстроечными сердечниками из феррита 50ВЧ или 100НН диаметром 2,7 мм с резьбовой головкой. Все катушки намотаны проводом ПЭЛШО 0,35, тип обмотки — однорядная, виток к витку. Катушка L_1 содержит 11 витков, L_2 — 3 витка (намотана рядом с L_1 со стороны подстроечного сердечника), L_3 — 8 витков, L_4 — 15 витков.

Налаживание передатчика следует начать с модулятора. В нейтральном положении ручек управления, соответствующем среднему положению движков переменных резисторов R_2 и R_6, длительность импульсов на коллекторах транзисторов T_1 и T_2 должна быть около 1 мс. Необходимую длительность импульсов устанавливают подбором конденсаторов C_2, C_3 и резисторов R_3 и R_4.

При повороте ручек управления на ±30° длительность импульсов должна изменяться на ±50% среднего значения. Диапазон изменения длительности импульсов может быть подогнан подбором

резисторов R_1 и R_5. При смене резисторов R_1 и R_5 изменение длительности импульса в нейтральном положении можно компенсировать, поворачивая в ту или другую сторону корпуса переменных резисторов R_2 и R_6 (положение движков переменных резисторов в этом случае сместится от центра к краю).

Длительность и форму импульсов контролируют осциллографом с калибратором длительности. Все операции по настройке модулятора следует производить при вынутом кварцевом резонаторе.

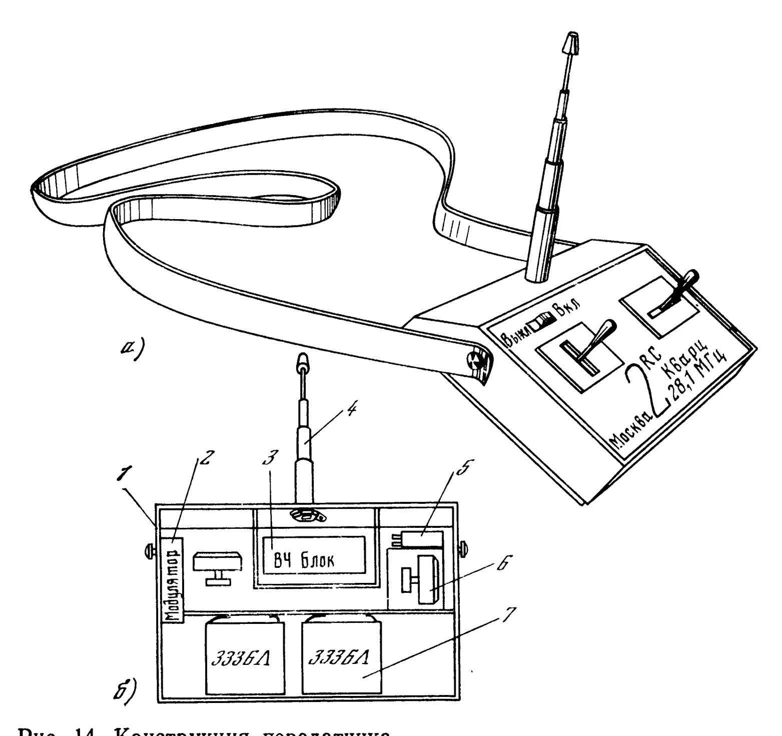


Рис. 14. Конструкция передатчика.

а — внешний вид; *б* — размещение основных элементов; *1* — корпус; *2* — модулятор; *3* — блок ВЧ; *4* — антенна; *5* — выключатель питания; *6* — переменный резистор; *7* — батарея питания.

Ключевой каскад T_3, как правило, налаживания не требует.

При налаживании ВЧ блока передатчика временно замыкают накоротко базу транзистора T_2 с общим проводом. При этом на ключевой каскад будет подано открывающее напряжение и создадутся условия, необходимые для работы передатчика в режиме несущей.

Вставив кварцевый резонатор и включив питание, проверяют ВЧ вольтметром наличие колебаний в эмиттерной цепи транзистора T_4. С помощью волномера настраивают контур L_1C_9 на вторую гармонику кварца (по максимуму амплитуды ВЧ напряжения ча-

стотой 28,1 МГц, на контуре L_1C_9). Настроив контур L_1C_9, подсоединяют антенну и приступают к настройке выходного каскада. При этом можно использовать индикатор поля или контролировать потребляемый ток миллиамперметром, включенным между плюсом источника питания и дросселем $Др_2$.

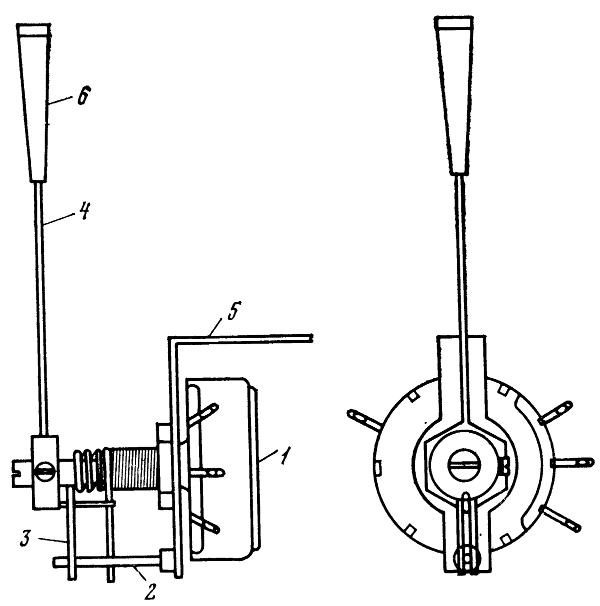


Рис. 15. Конструкция механизма управления.

1 — переменный резистор; *2* — упор; *3* — возвратная пружина; *4* — рычаг; *5* — корпус; *6* — ручка управления.

Настройка П-контура на частоту 28,1 МГц соответствует минимуму потребления тока. Настройку удлиняющей катушки L_4 проверяют по максимуму потребления тока либо по максимуму показаний индикатора поля. После настройки катушки L_4 вновь подстраивают катушку L_3. В правильно налаженном передатчике выходной каскад в режиме несущей должен потреблять ток 60—70 мА.

Дешифратор и сервоусилители. Так как для передачи информации по двум каналам используется изменение длительности ВЧ импульса и длительности паузы, то для разделения канальных сигналов в приемном устройстве оказалось возможным использовать симметричный триггер. Это значительно упростило дешифратор.

Таким образом, дешифратор (рис. 16) содержит двухкаскадный усилитель НЧ на транзисторах T_1 и T_2 с непосредственной связью и симметричный триггер на транзисторах T_3 и T_4. Сигнал с выхода усилителя через разделительный конденсатор C_2 подается на базу транзистора T_3 и управляет работой триггера. Режим работы транзисторов по постоянному току устанавливает делитель R_1R_2.

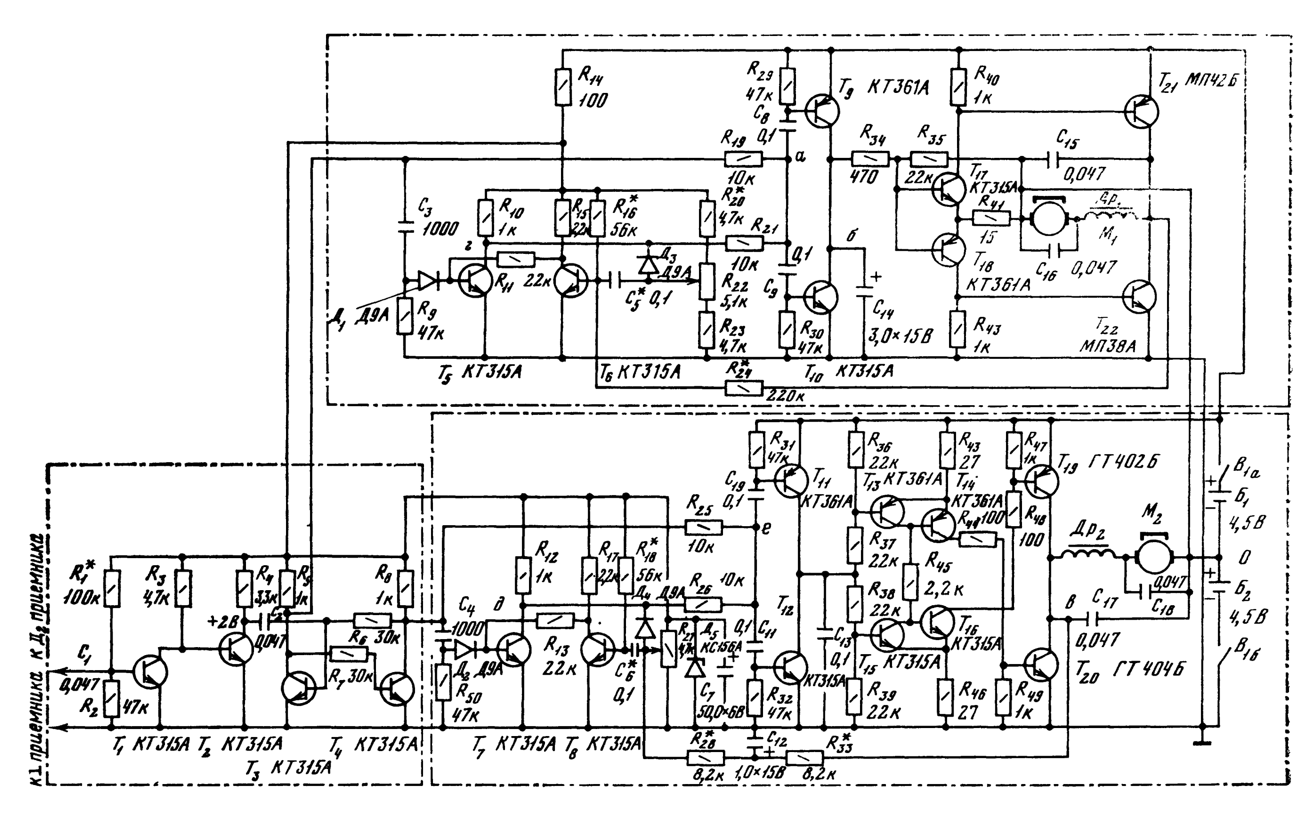


Рис. 16. Принципиальная схема дешифратора и сервоусилителей.

С коллекторных нагрузок триггера — резисторов R_5 и R_8 сигналы первого и второго каналов поступают в блоки сервоусилителей, которые содержат ждущие мультивибраторы на транзисторах T_5, T_6 и T_7, T_8, вырабатывающие импульсы в соответствии с состоянием исполнительных механизмов, систем сравнения и усилителей сигналов рассогласования.

Рассмотрим работу дешифратора при передаче командных сигналов по одному из каналов, например, при управлении рулем поворота. В исходном состоянии транзистор T_3 открыт (напряжение на его коллекторе близко к нулю), а транзистор T_5 закрыт (напряжение на его коллекторе близко к напряжению питания). Напряжение в точке *а* системы сравнения равно половине напряжения питания триггера и ждущего мультивибратора. В момент подачи сигнала (командного импульса) транзистор T_3 закрывается, а T_5 открывается, так как передним фронтом импульса будет запущен ждущий мультивибратор. До тех пор, пока новое состояние транзисторов не изменится, напряжение в точке *а* также останется равным половине напряжения питания, что определяется параметрами триггера и ждущего мультивибратора. Такое равновесное состояние системы сравнения будет сохраняться в том случае, если длительности сигнала и опорного импульса, вырабатываемого ждущим мультивибратором, равны. Если теперь изменить длительность командного импульса, то в точке *а* появится импульс, длительность которого равна разности длительностей командного и опорного импульсов, а полярность — та же, что у более продолжительного импульса. Таким образом система сравнения реагирует на изменение длительности командного импульса.

Из точки *а* разностный сигнал через конденсаторы C_8 и C_9 поступает на базы транзисторов T_9 и T_{10} сервоусилителя рулевой машинки. Сервоусилитель представляет собой трехкаскадный УПТ на транзисторах T_9—T_{22}, нагруженный на электродвигатель. При отсутствии разностного сигнала транзисторы T_9 и T_{10} закрыты, напряжение на их коллекторах (в точке *б*) равно напряжению в точке *0*, поэтому остальные транзисторы сервоусилителя также находятся в закрытом состоянии. При появлении разностного импульса, например положительной полярности, он откроет транзистор T_{10}, через который разрядится конденсатор C_{14}, и напряжение в точке *б* станет близким к нулю. В этом случае через резистор R_{34} потечет ток, который откроет транзистор T_{18}. Транзистор T_{18} в свою очередь откроет выходной транзистор T_{22} сервоусилителя, который замкнет цепь питания электродвигателя рулевой машинки. На двигатель будет подано напряжение, и он начнет вращаться, поворачивая через редуктор руль модели и движок переменного резистора R_{22} цепи обратной связи.

При перемещении движка переменного резистора R_{22} длительность опорного импульса будет изменяться таким образом, чтобы сравняться с длительностью командного импульса. Когда длительности этих импульсов станут равны друг другу, пропадет разностный сигнал, закроются транзисторы сервоусилителя, и электродвигатель рулевой машинки остановится. Руль примет при этом новое устойчивое положение, соответствующее длительности командного импульса. Таким образом устройство автоматически отслеживает изменения длительности командных импульсов, стремясь свести к нулю величину разностного импульса.

Описанный сервоусилитель рассчитан на работу с микроэлек-

тродвигателями, потребляющими ток до 100—150 мА при напряжении питания 3,5—4,5 В.

Для управления тяговым электродвигателем модели, потребляющим ток до 500—600 мА, используется более мощный вариант сервоусилителя. Его выходные транзисторы работают в ключевом режиме, что необходимо для снижения рассеиваемой мощности. Они управляются импульсами триггеров Шмидта, собранных на транзисторах T_{13}, T_{14} и T_{15}, T_{16}. Сервоусилитель обеспечивает возможность регулировки частоты вращения тягового электродвигателя. Для этого используется принцип импульсной регулировки частоты вращения электродвигателя. При подаче командного импульса в системе сравнения (точка *е*) возникает разностный сигнал, переключающий в другое состояние один из триггеров, например T_{13}—T_{14}. При этом откроется транзистор T_{20}, электродвигатель начнет вращаться. Напряжение в точке *в* изменит свою величину, и через цепь обратной связи (R_{28} и R_{33}) уменьшит длительность импульса рассогласования. В момент выравнивания командного и опорного импульсов триггер T_{13}—T_{14} переходит в исходное состояние, а электродвигатель обесточивается. В цепи обратной связи возникает новое изменение напряжения, которое приведет к возникновению разностного сигнала (импульса рассогласования) и повторному включению электродвигателя. Таким образом, тяговый электродвигатель будет питаться импульсным напряжением, а напряжение обратной связи за счет емкости интегрирующего конденсатора C_{12} будет пропорционально среднему значению этого напряжения.

Дешифратор и сервоусилители выполнены в виде отдельных блоков на трех печатных платах (рис. 17). Такая конструкция позволяет разместить аппаратуру управления на модели наиболее рациональным способом, а также при необходимости использовать в каналах управления тот либо другой тип блока сервоусилителя. Кроме того, если выполнить междублочные соединения на разъемах, облегчится ремонт аппаратуры в полевых условиях, который будет сводиться к установке запасных блоков.

Электродвигатель рулевой машинки — самодельный, с током холостого хода 10—15 мА и максимальным током потребления от источника 4,5 В — до 100 мА. Возможно использование микроэлектродвигателей от механических игрушек фирмы ГДР «Пико» (ток холостого хода 40—60 мА, максимальный ток 150 мА). Редуктор рулевой машинки имеет передаточное отношение 1 : 200. Выходная ось редуктора соединена с движком переменного проволочного резистора обратной связи R_{22} и снабжена тягой для привода в действие руля управления моделью.

В качестве тягового электродвигателя может быть использован любой электродвигатель постоянного тока с током холостого хода до 50—100 мА и током при максимальной нагрузке до 600 мА при питании от источника напряжением 4,5 В, например микроэлектродвигатель ДИ1-3.

Перед установкой электродвигателей необходимо тщательно отшлифовать их коллекторы и притереть щетки для уменьшения искрения.

Дроссели $Др_1$, $Др_2$ и конденсаторы C_{16} и C_{18} (они установлены непосредственно на электродвигателях) образуют фильтры, уменьшающие помехи, создаваемые электродвигателями. Дроссели выполнены на кольцах диаметром 10 мм из феррита 600НН и содержат по 20 витков провода ПЭВ-2 0,35.

В дешифраторе и сервоусилителях использованы постоянные резисторы типа МЛТ-0,25; электролитические конденсаторы — К50-6; C_5 и C_6 — МБМ; остальные — КМ или К10-7в. Диоды — Д9 с любым буквенным индексом.

Налаживание дешифратора и сервоусилителей начинают с установки режимов транзисторов T_1 и T_2 предварительного усилителя. Подбором сопротивления резистора R_1 добиваются, чтобы напряжение на коллекторе транзистора T_2 было равно 2—3 В. Затем на

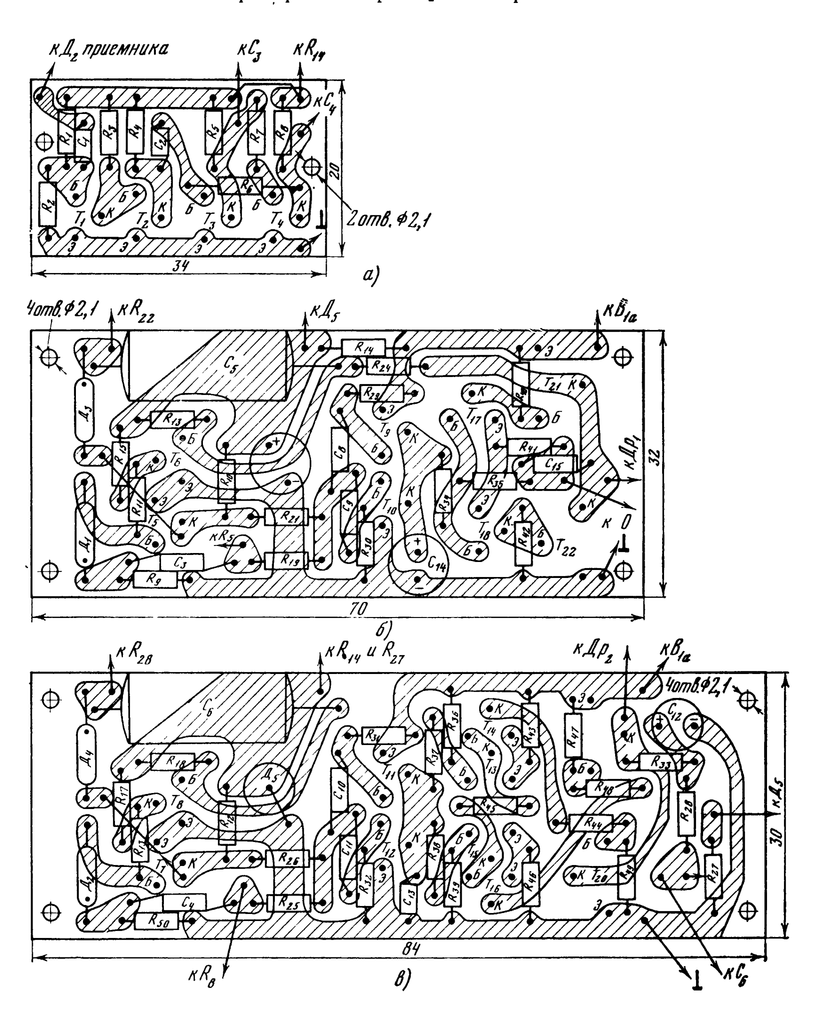


Рис. 17. Монтажные платы дешифратора и сервоусилителей.

а — плата дешифратора; *б* — плата сервоусилителя рулевой машинки; *в* — плата сервоусилителя тягового электродвигателя.

базу транзистора T_1 через конденсатор емкостью 5—10 мкФ подают сигнал от НЧ генератора с частотой 330—1000 Гц и амплитудой 0,1—0,2 В. С помощью осциллографа проверяют работу усилителя и триггера. На коллекторах транзисторов T_3, T_4 сигнал должен иметь прямоугольную форму. Подбором резисторов R_{28} и R_{33} обеспечивают нужные пределы регулировки частоты вращения тягового электродвигателя. После этого проверяют работу ждущих мультивибраторов. Измеряют длительность импульсов в точках *г* и *д*. При среднем положении движков переменных резисторов R_{22} и R_{27} она должна быть равна 1 мс. Эту длительность импульса устанавливают подбором резисторов R_{16}, R_{18} и конденсаторов C_5 и C_6.

Во время налаживания сервоусилителей электродвигатели необходимо отключить, а вместо них включить резисторы сопротивлением 30—50 Ом и мощностью 1—2 Вт.

Каскады сервоусилителей при исправных деталях, как правило, налаживания не требуют.

Окончательно аппаратуру настраивают при включенных приемнике и передатчике. При этом проверяют правильность включения электродвигателей по соответствию направления вращения командам передатчика, а также правильность включения переменного резистора R_{22} обратной связи. Если рулевую машинку «уводит» в сторону до упора, необходимо изменить полярность сигнала обратной связи, для чего меняют местами провода между крайними выводами переменного резистора R_{22}. В случае сильных колебаний руля около точки равновесия необходимо понизить сопротивление резистора R_{24}.

Приемник. Приемник выполнен по супергетеродинной схеме на пяти транзисторах. Его чувствительность около 5 мкВ, частота гетеродина стабилизирована кварцем.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 18,*а*. Связь входного контура L_3C_3 с антенной — емкостная, через конденсатор C_4. Смеситель выполнен на транзисторе T_2. Входной сигнал через катушку связи L_4 подается в цепь базы этого транзистора, а сигнал гетеродина — в цепь эмиттера. Нагрузкой преобразователя является двухконтурный полосовой фильтр $L_5C_6C_7L_6C_8$, настроенный на промежуточную частоту приемника — 465 кГц.

Резистор R_4 и конденсатор C_9 образуют ячейку развязывающего фильтра. Одновременно резистор R_4 используется как элемент, стабилизирующий режим работы транзистора смесительного каскада. Коллекторный ток транзистора этого каскада, равный 0,5 мА, устанавливают подбором сопротивления резистора R_3.

На транзисторе T_1 собран отдельный гетеродин. Кварцевый резонатор $Пэ_1$ использован на частоту 28,565 МГц (на 465 кГц выше принимаемой частоты). В коллекторную цепь транзистора гетеродина включен контур L_1C_2, настроенный на частоту кварцевого резонатора. С катушки связи L_2 сигнал гетеродина подается на смеситель. Рабочую точку гетеродина устанавливают подбором базового резистора R_1. Резистор R_2 в цепи эмиттера стабилизирует режим работы гетеродина.

Усилитель ПЧ приемника — двухкаскадный. Он выполнен на транзисторах T_4 и T_5, включенных по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой каждого из каскадов служат одиночные контуры L_8C_{11} и $L_{10}C_{15}$. Связь с полосовым фильтром смесителя, а также между каскадами усилителя ПЧ и детектором — трансформаторная. Для

повышения стабильности усилителя ПЧ применено неполное включение контуров в коллекторные цепи.

Режим по постоянному току транзисторов T_4 и T_5 устанавливают подбором резисторов R_5 и R_8. Резистор R_6 служит для предотвращения самовозбуждения усилителя, кроме того, он стабилизирует рабочую точку транзистора T_4 по постоянному току.

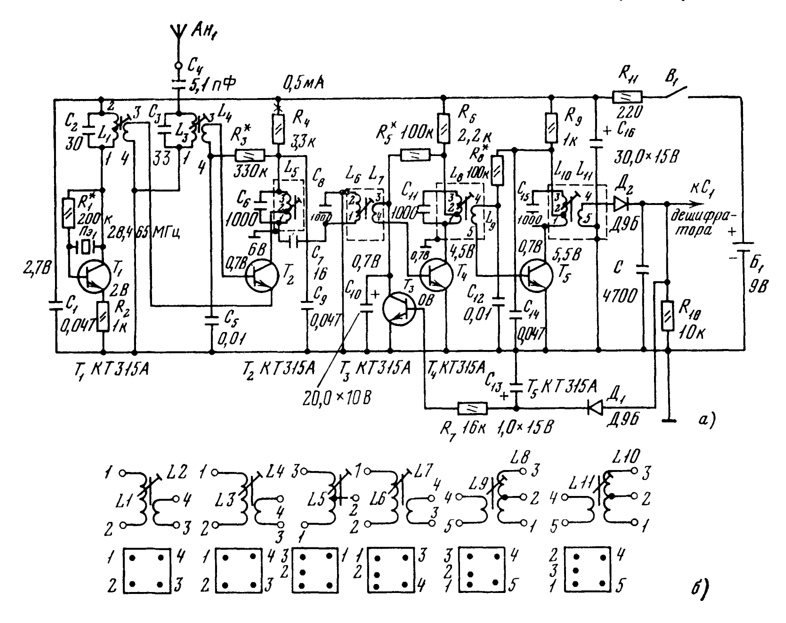


Рис. 18. Принципиальная схема приемника аппаратуры пропорционального управления моделями и распайка выводов катушек.

Резистор R_9 вместе с конденсатором C_{14} образует развязывающий фильтр в цепи питания второго каскада усилителя ПЧ.

Усиленный сигнал ПЧ через катушку связи L_{11} подается на диодный детектор, выполненный на диоде $Д_2$. Нагрузкой детектора служит резистор R_{10}. Снимаемый с него сигнал НЧ подается на вход дешифратора. Конденсатор C_{17} шунтирует нагрузку детектора по промежуточной частоте.

Для обеспечения нормальной работы дешифратора при изменении уровня сигнала от передатчика в приемнике использована система усиленной АРУ.

Транзистор T_3 в системе АРУ работает при малых напряжениях на коллекторе (0,7—0,3 В). Он вместе с резистором R_5 образует делитель напряжения в цепи базы транзистора T_4 первого каскада усилителя ПЧ. При открывании транзистора T_3 смещение на базе транзистора T_4 уменьшается, что приводит к уменьшению его коллекторного тока и коэффициента усиления каскада.

Система АРУ начинает работать при достижении выходным сигналом уровня 0,5—0,6 В. Для обеспечения неизменного уровня

выходного сигнала при различных длительностях радиоимпульсов использован пиковый диодный детектор $Д_1$, который заряжает конденсатор C_{13}. Напряжение с этого конденсатора через резистор R_7 подается в цепь базы транзистора T_3 усилителя АРУ.

Примененная система АРУ обеспечивает изменение уровня выходного сигнала не более чем на 3 дБ при изменении уровня входного сигнала на 60 дБ и изменении скважности радиоимпульсов от 1,3 до 4.

Сигнал с нагрузки R_{10} детектора подается на вход усилителя НЧ дешифратора.

Питается приемник от батареи напряжением 9 В через развязывающий фильтр $R_{11}C_1C_{16}$.

Конструкция и детали. Приемник смонтирован на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размером 60×30 мм (рис. 19).

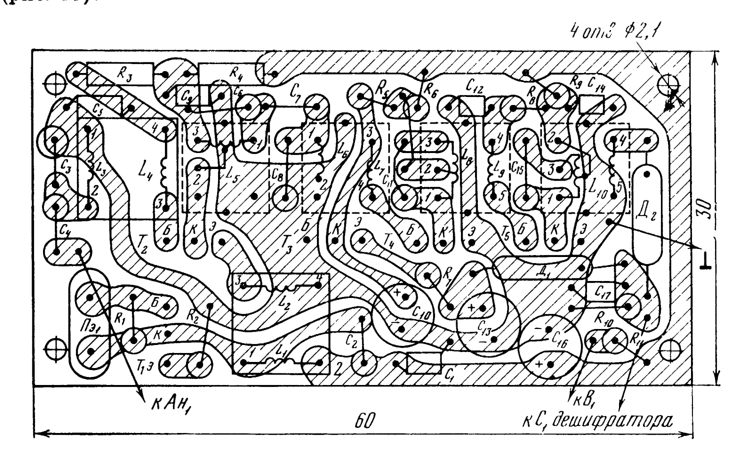


Рис. 19. Монтажная плата приемника.

Катушки входного и гетеродинного контуров намотаны на полистироловых каркасах диаметром 7 мм (от КВ контуров приемника «Сокол-4») с подстроечными сердечниками длиной 11 и диаметром 2,8 мм из феррита 150НН. Катушка L_1 имеет 11 витков, L_2 — 3 витка провода ПЭЛШО 0,35. Катушка L_2 расположена рядом с L_1 в верхней части каркаса, со стороны подстроечного сердечника. Катушки входного контура имеют аналогичную конструкцию; L_3 и L_4 содержат соответственно 11 и 2 витка провода ПЭЛШО 0,35.

В приемнике использованы без переделки контуры ПЧ от приемника «Орбита». Их моточные данные приведены в таблице 1.

Все резисторы типа МЛТ-0,125, конденсаторы C_1, C_9, C_{14}—КМ, C_2, C_3, C_4, C_7 — КД-1а, C_6, C_8, C_{11}, C_{15} — ПМ-1, C_5, C_{12}, C_{17} — К10-7в, C_{10}, C_{13} и C_{16} — К50-6.

Налаживание приемника начинают с проверки режимов транзисторов по постоянному току. Для этого временно замыкают катушку L_1 (или отключают кварцевый резонатор) и измеряют на-

пряжение на коллекторах транзисторов T_2, T_4, T_5 и на эмиттере транзистора T_1. При отклонении напряжений от указанных на схеме больше, чем на 25—30%, подбирают базовые резисторы R_1, R_3, R_5, R_8.

Таблица 1

Катушки	Обозначение на схеме	Номера выводов	Провод	Число витков	Индуктивность, мкГ
ФПЧ-1	L_5	1—2—3	ПЭВ-2 0,1	21+47	117±10%
ФПЧ-2	L_6	1—2	ПЭВ-2 0,1	68	117±10%
Катушка связи	L_7	3—4	ПЭВ-2 0,1	5	—
ФПЧ-3	L_8	1—2—3	ПЭВ-2 0,1	25+43	117±10%
Катушка связи	L_9	4—5	ПЭВ-2 0,1	12	—
ФПЧ-4	L_{10}	1—2—3	ПЭВ-2 0,1	34+34	117±10%
Катушка связи	L_{11}	4—5	ПЭВ-2 0,16	34	—

Установив необходимые режимы по постоянному току, настраивают в резонанс контуры ПЧ, начиная с последнего контура, на частоту 465 кГц. Сигнал от ГСС подают через конденсатор емкостью 0,05—0,1 мкФ сначала на базу транзистора T_5, затем T_4 и, наконец, T_2. Чувствительность усилителя ПЧ с баз транзисторов T_5, T_4 и T_2 равна соответственно 1,2 мВ, 15 и 1,5—2 мкВ. При этом напряжение НЧ на нагрузке детектора должно быть равно 100 мВ.

Закончив настройку усилителя ПЧ, снимают перемычку с выводов катушки L_1 (или подключают кварцевый резонатор $Пэ_1$) и подстроечным сердечником катушки L_1 добиваются устойчивой работы гетеродина. Наличие возбуждения можно проверить по гетеродинному волномеру либо по изменению постоянного напряжения на эмиттере T_1 при замыкании и размыкании выводов обмотки катушки L_1.

Затем сигнал от ГСС с частотой 28,1 МГц, модулированный колебаниями частотой 1 кГц, при коэффициенте модуляции 100% через конденсатор емкостью 2—3 пФ подают на вход приемника и подстроечным сердечником катушки L_3 настраивают входной контур приемника на эту частоту.

Усилитель АРУ, как правило, настройки не требует.

Окончательно контуры ПЧ настраивают по сигналам передатчика. Для получения сигналов малого уровня антенну отключают и передатчик при этом относят на такое расстояние, чтобы напряжение на выходе приемника не превышало 200 мВ.

САМОДЕЛЬНЫЙ МИКРОЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Для обеспечения надежной работы рулевых машинок, особенно в аппаратуре пропорционального действия, необходим экономичный микроэлектродвигатель с малым (несколько миллиампер) током холостого хода и током потребления при номинальной нагрузке не более 100—150 мА. Напряжение питания такого двигателя

обычно составляет 2,5—4,5 В. Максимальный ток двигателя ограничен допустимым током коллектора транзисторов, используемых в системе управления, а напряжение питания ограничивается в основном массой источников питания (аккумуляторных, или гальванических батарей).

Имеющиеся в продаже микроэлектродвигатели (от механических игрушек) мало пригодны для работы в рулевых машинках, так как имеют большой ток холостого хода — 50—80 мА, низкий к. п. д. и повышенный уровень электрических помех.

Для использования в рулевых машинках была разработана конструкция экономичного микроэлектродвигателя, пригодная для изготовления в любительских условиях.

Для повышения к. п. д. и уменьшения тока холостого хода якорь электродвигателя выполнен полым, а постоянный магнит возбуждения расположен внутри якоря. Такая конструкция уменьшает коммутационные токи, а следовательно, и уровень электрических помех. Дальнейшее снижение уровня электрических помех достигается за счет увеличения числа секций обмотки якоря до пяти вместо трех, обычно применяемых в наиболее распространенных микроэлектродвигателях.

Конструкция и чертежи деталей самодельного микроэлектродвигателя приведены на рис. 20 и 21. Корпус *3* вытачивают на токарном станке из магнитомягкого материала — железа армко или малоуглеродистой стали. Крышку-щеткодержатель *1* и крышку *2* также вытачивают на токарном станке из плотного текстолита. Обе эти крышки должны с трением входить в торцевые отверстия корпуса *3*. На боковой поверхности крышки щеткодержателя просверливают два отверстия диаметром 2 мм, в которых аккуратно (чтобы не расколоть крышку) расклепывают латунные или медные пистоны, служащие щеткодержателями. В них впаивают щетки *9*, изготовленные из пружинящей бронзовой фольги толщиной 0,1 мм.

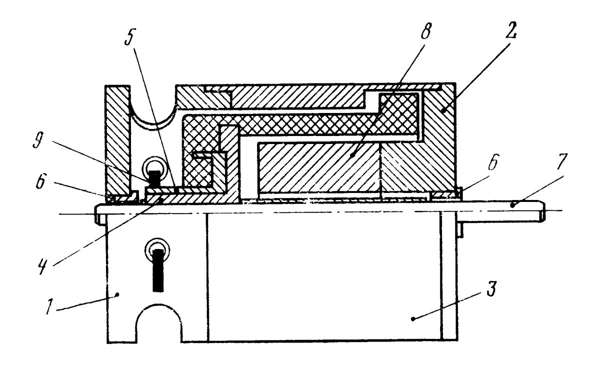


Рис. 20. Конструкция самодельного микроэлектродвигателя рулевой машинки.

1 — крышка-щеткодержатель (текстолит); *2* — крышка (текстолит); *3* — корпус (железо армко или сталь Ст.3); *4* — основание коллектора (текстолит); *5* — заготовка коллектора (медь); *6* — подшипник, 2 шт. (бронза); *7* — ось (сталь, «штопальная игла № 3»); *8* — магнит (корректирующий магнит от ОС-110); *9* — щетки, 2 шт. (основание — бронза с напаянными медно-графитовыми контактами).

Для уменьшения трения и износа щеток на их концы напаивают контакты, изготовленные из медно-графитовых щеток какого-либо электродвигателя. Большие овальные отверстия в крышке *1* служат для регулировки и осмотра щеток во время работы электродвигателя. В торцевые отверстия крышек *1* и *2* запрессовывают подшипники скольжения *6*, изготовленные из бронзы.

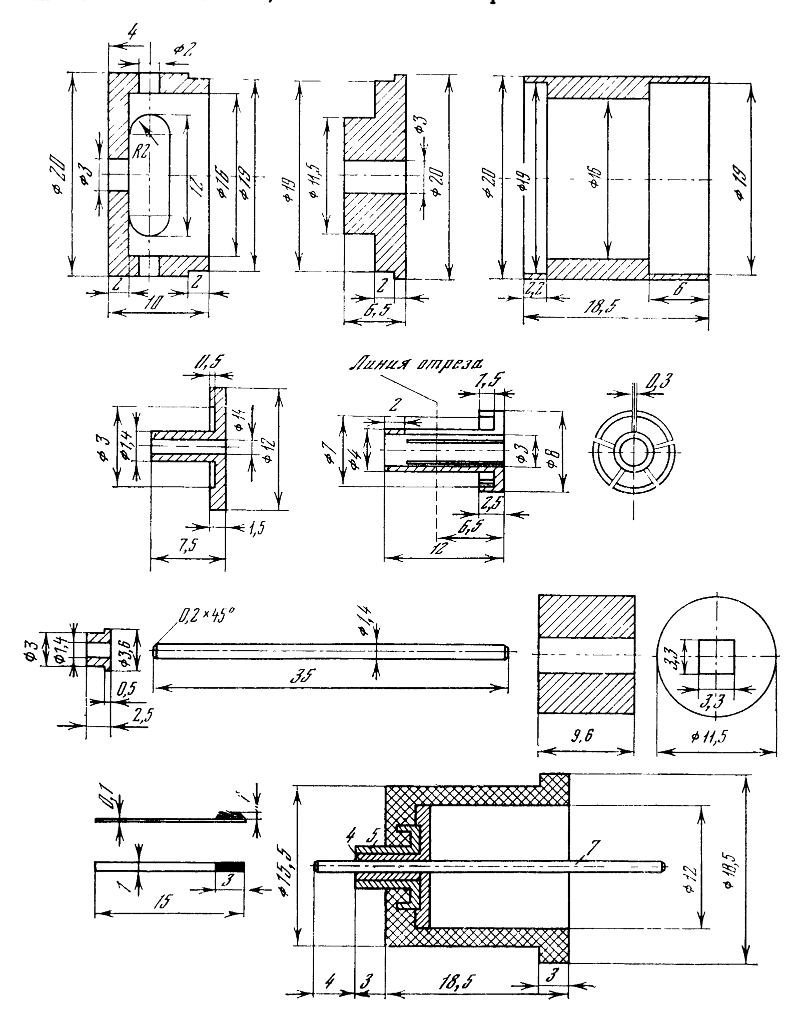


Рис. 21. Детали самодельного микроэлектродвигателя (позиционные обозначения — такие же, как на рис. 20: в первом ряду — детали *1*, *2*, *3*; во втором — *4*, *5*; в третьем — *6*, *7*, *8*; в четвертом — *9* и якорь в сборе).

Ось электродвигателя *7* может быть изготовлена из штопальной иглы № 3. Острый и тупой концы иглы стачивают на наждачном круге таким образом, чтобы осталась средняя ее часть нужной длины.

Ось *7* должна легко вращаться в подшипниках *6*.

На ось *7* напрессовывают (или приклеивают клеем БФ-2) основание коллектора *4*, выточенное на токарном станке из плотного текстолита. Заготовку коллектора *5* вытачивают из меди, а затем в ней аккуратно профрезеровывают (или пропиливают лобзиком) пять пазов шириной 0,3—0,4 мм. Для удобства сборки коллектора пазы прорезают не до конца заготовки, что обеспечивает одинаковые зазоры между ламелями коллектора. С заготовки аккуратно удаляют заусеницы, потом ее обезжиривают в ацетоне или чистом бензине и приклеивают к основанию коллектора *4* эпоксидной смолой. При этом заготовка должна быть до упора вставлена в выточку детали *4*.

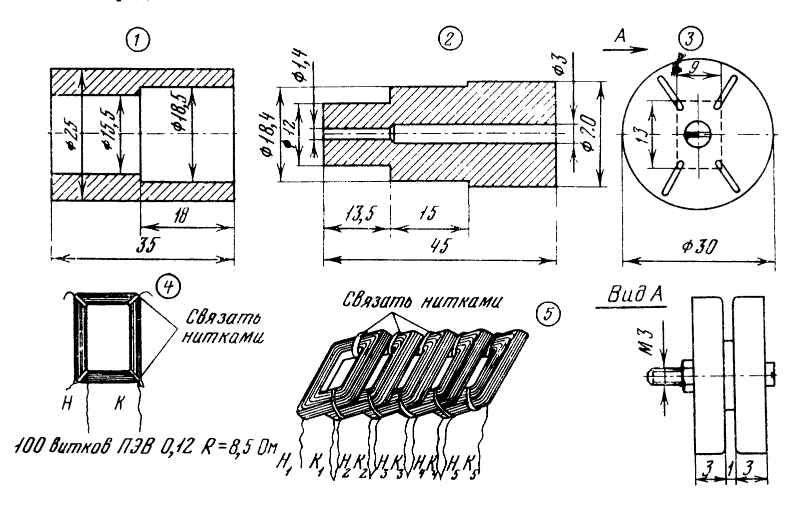


Рис. 22. Сборка якоря самодельного микроэлектродвигателя.

1, 2 — оправки для формовки якоря (фторопласт); *3* — оправка для намотки обмоток якоря (органическое стекло); *4* — готовая обмотка якоря; *5* — подготовка обмоток к сборке.

После полной полимеризации эпоксидной смолы излишек заготовки *5* отрезают лобзиком. Это надо делать весьма аккуратно, чтобы не отколоть ламели коллектора от основания. Торец коллектора подравнивают надфилем, а затем поверхность коллектора шлифуют мелкой шкуркой.

Для намотки обмоток ротора следует изготовить из листового органического стекла разборный шаблон *3* (рис. 22). Перед намоткой каждой секции якоря в пазы шаблона, ближе к центру, укладывают по отрезку шелковой нитки, служащей для скрепления витков обмотки.

Каждая секция якоря содержит по 100 витков провода ПЭВ-2 0,12. Все секции наматываются в одну сторону, а начало и

конец обмоток помечают, например, краской разного цвета. Перед снятием с шаблона намотанной секции *4* витки обмотки по углам связывают нитками. Всего должно быть намотано пять секций. Готовые секции *5* связывают между собой шелковой ниткой, как показано на рис. 22, при этом конец первой обмотки K_1 должен быть расположен рядом с началом второй обмотки H_2, K_2 — рядом с H_3 и т. д.

Для сборки и формовки обмоток якоря используют оправки *1* и *2* (рис. 22), выточенные из фторопласта.

Сборку якоря начинают с того, что в оправку *2* (со стороны диаметром 12 мм) вставляют ось с закрепленным на ней коллектором. Затем вокруг цилиндрической части оправки с диаметром 12 мм обматывают в один слой полоску кабельной бумаги и укладывают связанные между собой секции выводами в сторону коллектора. Первую и пятую секции скрепляют между собой нитками, после чего, подгибая края секций, придают обмотке вид, близкий к показанному на рис. 21,*б*. Формуют обмотку руками или гладкой деревянной палочкой, чтобы не повредить изоляцию провода. Затем обмотку туго обматывают шелковой ниткой в один слой. Выводы соседних секций попарно (H_1 и K_5; K_2 и H_3; K_3 и H_4 и т. д.) припаивают к выступам ламелей коллектора. Выводы обмоток должны иметь длину не менее 7—10 мм (иначе их можно оборвать во время окончательной формовки обмотки).

Окончательную формовку обмотки производят с помощью оправки *1*, в которую вставляют до упора формуемую обмотку вместе с оправкой *2*.

После формовки якорь вместе с оправками подогревают до 45—60°С и пропитывают эпоксидной смолой. Для пропитки следует использовать свежую, жидкую смолу, иначе качество пропитки будет неудовлетворительным. Смолу, тщательно перемешанную с отвердителем в соотношении (7—10) : 1, по каплям заливают в щель между оправками *1* и *2* со стороны коллектора до полной пропитки обмоток. После пропитки оправки устанавливают вертикально (коллектором вверх) и оставляют в этом положении до полного затвердевания смолы.

Чтобы освободить готовый якорь от оправок, нагревают наружную оправку до 60—70°С, после чего она легко может быть снята. Для удаления внутренней оправки ее вместе с якорем охлаждают до температуры — (5÷10)°С (например, в морозильной камере домашнего холодильника), а затем отделяют от якоря.

Такой метод разборки основан на различных коэффициентах расширения материалов оправок и якоря и позволяет использовать неразрезные цилиндрические оправки. Кроме того, фторопласт, из которого они изготовлены, практически не склеивается эпоксидной смолой.

На ось внутри якоря надевают отрезок фторопластовой или латунной трубки такой длины, чтобы якорь в собранном электродвигателе имел продольный люфт не более 0,1—0,3 мм.

Для электродвигателя использован готовый постоянный ферриговый магнит. Это корректирующий магнит от отклоняющей системы телевизора — ОС-110. Его чертеж приведен на рис. 21, *8*. Магнит приклеивают клеем БФ-2 торцом к крышке *2* (см. рис. 21). При этом необходимо следить, чтобы оси магнита и крышки строго совпадали.

Для получения максимального магнитного потока магнит следу-

ет намагнитить до насыщения с помощью намагничивающей установки, показанной на рис. 23. При намагничивании магнит вставляют в магнитопровод, затем при разомкнутых контактах тумблера *3* заряжают конденсатор *4* до напряжения 250—300 В. Когда он полностью зарядится, источник напряжения отсоединяют и замыкают тумблером цепь намагничивающей катушки *2*. Операцию намагничивания повторяют 3—5 раз.

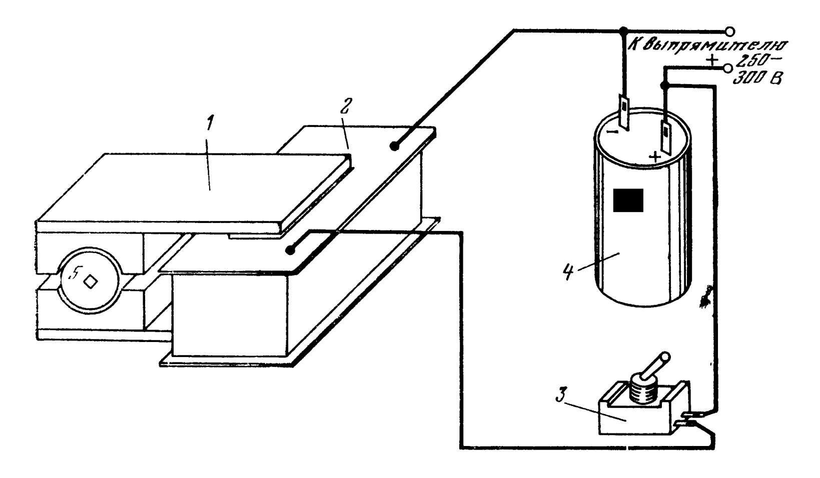


Рис. 23. Установка для намагничивания.

1 — **магнитопровод (сталь Ст.3); *2* — катушка (150—200 витков провода ПЭВ-2 0,5); *3* — тумблер; *4* — конденсатор от лампы-вспышки (800,0 мкФ, 300 В); *5* — намагничиваемый магнит.**

Когда все детали и узлы электродвигателя готовы, приступают к его сборке и регулировке. Для этого крышку *1* (см. рис. 21) вставляют на клею в корпус *3* со стороны неглубокой проточки, затем слегка разводят в стороны щетки, вставляют якорь *10* и устанавливают крышку *2* с магнитом *8*. Далее проверяют легкость вращения якоря и отсутствие больших люфтов.

Подшипники электродвигателя смазывают швейным маслом. После этого к наружным выводам щеток припаивают провода и подключают их к выпрямителю или к батарее напряжением 3,5—4,5 В. Для контроля потребляемого тока последовательно с электродвигателем включают миллиамперметр на 200—300 мА. Осторожно поворачивая крышку *2* относительно корпуса *3*, находят такое ее положение, при котором потребление тока работающим электродвигателем минимально. Это положение отмечают риской.

В хорошо налаженном электродвигателе ток холостого хода должен быть не более 10—15 мА. При большем токе на холостом ходу следует несколько ослабить давление щеток, немного подогнув их через окна в крышке *1*, и еще раз проверить легкость вращения якоря.

После этого электродвигатель нужно включить на 1,5—2 ч для приработки щеток и подшипников. Через каждые 10—15 мин работы следует менять полярность источника питания. По окончании

обкатки двигателя его разбирают, протирают коллектор, подшипники и ось ваткой, смоченной в спирте, а затем собирают вновь. При сборке необходимо следить за тем, чтобы совпали риски на корпусе *3* и крышке *2*. Крышку *2* фиксируют каплями клея или нитрокраски.

В отдельных случаях возникают затруднения в изготовлении медного коллектора. Этих трудностей можно избежать, изготовив торцевой коллектор из фольгированного стеклотекстолита. Конструкция такого коллектора и его основания приведены на рис. 24.

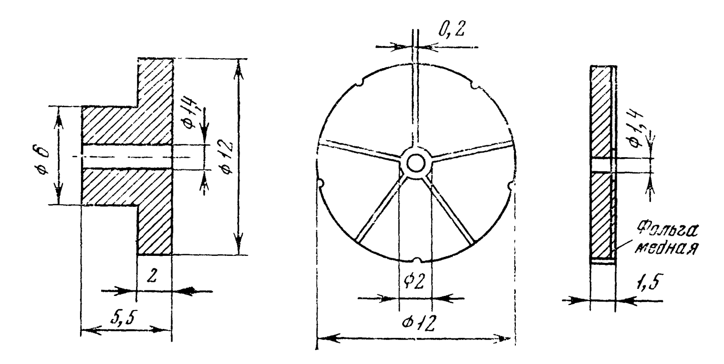


Рис. 24. Торцевой коллектор.

Слева — основание коллектора (текстолит); справа — коллектор (фольгированный стеклотекстолит).

При сборке двигателя с торцевым коллектором необходимо сместить отверстия под пистоны в крышке *1* (см. рис. 21) на 1 мм к ее краю, а припаивая щетки, отрегулировать их таким образом, чтобы они соприкасались с коллектором своими медно-графитовыми контактами на расстоянии 2—3 мм от его центра по одной линии диаметра. Для устранения продольного люфта якоря на его ось со стороны коллектора надевают небольшой отрезок фторопластовой или латунной трубочки.

В остальном конструкция электродвигателя и его регулировка остаются без изменений.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные параметры высокочастотных транзисторов

Параметр	КТ312Б	ГТ322Б	КТ315А	КТ315Б	КТ315В	КТ361А	КТ603Б
Статический коэффициент передачи тока $h_{21Э}$	25—100	50—120	20—90	50—350	20—90	20—90	≥60
Обратный ток коллектора $I_{КБО}$ при $U_{КБ}=5В$, мкА, не более	10	4	1	1	1	1	10
Максимально допустимое напряжение коллектор-база $U_{КБ\ max}$, В	35	25	20	15	30	25	30
Максимально допустимый ток коллектора $I_{К\ max}$, мА	60	10	100	100	100	100	600
Максимально допустимая мощность коллектора $P_{К\ max}$, мВт	225	50	150	150	150	150	500
Максимальная частота передачи тока $f_т$, МГц	120	80	250	250	250	250	200
Емкость коллектора $C_к$, пФ, не более	5	1,8	7	7	7	9	15
Материал	Кремний	Германий	Кремний				
Тип проводимости	*n-p-n*	*p-n-p*	*n-p-n*			*p-n-p*	*n-p-n*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Плотников В. В., Галин В. Т.** По сложному маршруту. — Моделист-конструктор, 1972, № 2, с. 28—32.

2. **Плотников В. В., Галин В. Т.** Две команды «Орбиты». Знакомьтесь — «Яник». — Моделист-конструктор, 1976, № 7, с. 19—24.

3. **Плотников В. В.** Пропорциональное телеуправление. — Радио, 1974, № 8, с. 56—58; № 9, с. 38—39; № 10, с. 17—18.

4. **Микроэлектродвигатели** для систем автоматики/ Под ред. Э. А. Лодочникова и **Ф. М. Юферова.** — М.: Энергия, 1969.

5. **Инструкция** о порядке регистрации и эксплуатации любительских приемо-передающих радиостанций индивидуального и коллективного пользования. — М.: Изд-во ДОСААФ, 1973.

СОДЕРЖАНИЕ

Василий Васильевич Плотников

АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ

Редактор И. В. Казанский
Редактор издательства Т. В. Жукова
Обложка художника Ф. Г. Миллера
Технический редактор В. В. Хапаева
Корректор З. Б. Драновская
ИБ № 961

Сдано в набор 25.02.80 Подписано в печать 07.08.80 Т-12460 Формат 84×108[1]/32
Бумага типографская № 1 Гарн. шрифта литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 2,52 Уч.-изд. л. 3,01 Тираж 40 000 экз. Заказ 555 Цена 25 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

25 к.

